

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

ВОПРОСЫ РЫБОЛОВСТВА

Том 20 №4 2019
Октябрь — декабрь

Основан в 2000 г.
Выходит 4 раза в год
ISSN 0234-2774

Главный редактор:
О.А. Булатов

Редакционный совет:
К. В. Колончин (председатель),
А. А. Байталюк, В. А. Беляев, Э. В. Бубунец
А. В. Долгов, А. В. Жигин, А. М. Каев,
А. Н. Котляр (научный редактор),
А. А. Лукин, Д. С. Павлов, Г. И. Рубан, Г. Е. Серветник,
А. А. Смирнов, Е. Н. Шадрин, В. П. Шунтов

Заведующая редакцией Е. В. Трезубова
Адрес редакции: 107140, Москва,
ул. Верхняя Красносельская, д. 17,
тел.: 8 (499) 264-65-33, e-mail: vr@vniro.ru



FEDERAL AGENCY FOR FISHERIES

PROBLEMS OF FISHERIES

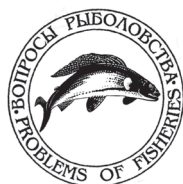
Vol. 20 issue 4 2019

October – december

Founded in 2000
Four issues every year
ISSN 0234-2774

Editor-in-chief:
O.A. Bulatov

Editorial Board:
K.V. Kolonchin (Chairman),
A.A. Baitalyuk, V.A. Belyaev, E.V. Bubunets,
A.V. Dolgov, A.M. Kaev,
A.N. Kotlyar (Scientific Editor), A.A. Lukin,
D.S. Pavlov, G.I. Ruban, G.E. Servetnik, E.N. Shadrin,
V.P. Shuntov, A.A. Smirnov, A.V. Zhigin



Staff Editor *E.V. Tregubova*
Address of the Editorial Office: *Nr. 17,*
Verkhnaya Krasnosel'skaya, 107140, Moscow
Phone: *8 (499) 264-65-33, e-mail: vr@vniro.ru*

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЗОРЫ

- Перспективы отечественного рыболовства до 2035 года в условиях меняющегося климата
Б.Н. Котенев, О.А. Булатов, А.С. Кровнин 395

ПРОМЫСЕЛ ГИДРОБИОНТОВ

- Промысел и состояние запасов тунцов в зоне действия комиссии ИККАТ
О.А. Булатов, К.В. Бандурин, А.А. Нестеров, А.И. Михайлов 436
- Изменения в структуре отечественного флота на Северном рыбохозяйственном бассейне
в период с 2003 по 2018 гг. и определение стандартных типов судов
Е.В. Гусев, Н.И. Лебедь, Н.А. Ярагина 457

АКВАКУЛЬТУРА И ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО

- Опыт перевода молоди судака (*Sander Luciperca*) с естественной пищи
на искусственный корм
А.А. Лютиков, А.Е. Королев 468
- Искусственное воспроизводство муксуна *Coregonus muksun* (Coregonidae)
в бассейне реки Иртыш. Проблемы и перспективы
В.Ф. Зайцев, Е.В. Егоров, А.К. Матковский, Е.А. Интересова, Л.А. Шиповалов 482

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

- Использование промысловой статистики для оценки динамики запаса
краба-стригуна Бэрда
А.И. Буяновский 497

CONTENTS

REVIEWS

- Prospects of national fishery by 2035 under the changing climate
B.N. Kotenev, O.A. Bulatov, A.S. Krovnin 395

AQUATIC ORGANISMS FISHERY

- Tuna fisheries and stocks in the ICCAT area
O.A. Bulatov, K.V. Bandurin, A.A. Nesterov, A.I. Mikhailov 436
- Changes in the structure of the domestic fishing fleet in the Northern basin in the period
from 2003 to 2018 and the identification of the standard types of vessels
E.V. Gusev, N.I. Lebed, N.A. Yaragina 457

AQUACULTURE AND ARTIFICIAL REPRODUCTION

- Experience of weaning of juvenile pikeperch (*Sander Lucioperca*) from live food to artificial diet
A.A. Lyutikov, A.E. Korolev 468
- Artificial reproduction of whitefish *Coregonus muksun* (Pallas, 1814)
(*Salmoniformes*, *Coregonidae*) in the Irtysh river basin. Problems and prospects
V.F. Zaitsev, E.V. Egorov, A.K. Matkovskiy, E.A. Interesova, A.L. Shipovalov 482

METHODOLOGICAL ASPECTS OF FISHERY RESEARCH

- Use of fisheries statistics for the Tanner crab stock dynamics
A.I. Buyanovsky 497

ОБЗОРЫ

УДК 639.2.053.1:551.5:639.2.053.7

ПЕРСПЕКТИВЫ ОТЕЧЕСТВЕННОГО РЫБОЛОВСТВА ДО 2035 ГОДА В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

© 2019 **Б. Н. Котенев**, О. А. Булатов, А. С. Кровнин

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии,
Москва, 107140*

E-mail: obulatov@vniro.ru, akrovnin@vniro.ru

Поступила в редакцию 09.09.2019

Выполненные исследования показали, что в северо-западной части Тихого океана и северо-восточной Атлантике к 2035 г. ожидается похолодание. В северо-западной части Тихого океана прогнозируется снижение вылова минтая в северных районах и существенный рост уловов в южных. Несмотря на высокие уловы тихоокеанских лососей в последнем десятилетии, в перспективе уловы этой группы ценных видов существенно уменьшатся. Снижение вылова минтая и лососей по экспертным оценкам составит 1 млн. т. Однако, ожидаемое похолодание окажет благоприятное воздействие на успешность воспроизводства японской скумбрии, сардины-иваси, сахалино-хоккайдской сельди, трески Берингова моря и сельди Охотского моря, что позволит дальневосточным рыбакам полностью компенсировать потери, при условии переориентирования промысла на другие объекты лова. В северо-восточной Атлантике ожидаемое похолодание окажет негативное воздействие на успешность воспроизводства трески, пикши, путассу, скумбрии, сельди, что приведет к снижению вылова на 0,5 млн. т. Однако, ожидаемое похолодание положительно скажется на запасах мойвы, которые позволят значительно компенсировать потери в вылове.

Ключевые слова: климат, минтай, лососи, треска, вылов, прогноз.

ВВЕДЕНИЕ

Вылов. Российский вылов водных биологических ресурсов (без учета аквакультуры и любительского рыболовства) в 2018 г. достиг рекордного уровня за всю постсоветскую историю — 5 млн. т. Значительная часть вылова — 3,8 млн. т (76,0%) пришла на исключительную экономическую зону РФ, в экономических зонах иностранных государств добыча составила 787 тыс. т. (15,7%). В открытых районах, находящихся за пределами 200-мильных экономических зон, вылов достиг 266 тыс. т (5,3%). Самые скромные промысловые результаты отмечены во внутренних водах, включая внутренние морские воды и пресноводные водные объекты — 147 тыс. т (3,0%).

В Атлантическом океане вылов в 2018 г. составил 1352 тыс. т, из них в северо-

востоковой части — 1066 тыс. т (78,8%). В Тихом океане уловы достигли 3482 тыс. т, из них в северо-западной части добыто 99,7%. Следовательно, для отечественного рыболовства наиболее значимыми районами для промысла в настоящее время являются северо-восточная Атлантика (СВА) и северо-западная часть Тихого океана (СЗТО). Анализ состава уловов основных промысловых объектов показал, что к ним относятся: минтай — 1736 тыс. т, тихоокеанские лососи — 676 тыс. т (из них горбуша — 511 тыс. т), сельдь — 479 тыс. т (из них тихоокеанская — 373 тыс. т), треска — 513 тыс. т (из них атлантическая — 340 тыс. т). В совокупности перечисленные виды обеспечили 2/3 от общероссийского вылова. Если проанализировать видовой состав отечественного рыболовства в течение XXI в., то окажет-

ся, что перечисленные виды (группы видов) доминировали в уловах в течение достаточно продолжительного времени.

Известно, что в 1970-е — 1980-е гг. в Атлантическом и Тихом океанах отмечались значительные уловы видов, практически потерявших промысловое значение в настоящее время. В Северо-Восточной Атлантике к таким видам относится мойва, рекордный международный вылов которой в 1977 г. достиг 3 млн. т. Исторические максимумы ее вылова советскими рыбаками составляли более 800 тыс. т (1977 г., 1983 г.). Значительные уловы сильно флуктуирующих видов отмечались также в советское время и в северо-западной части Тихого океана: сардины — иваси — 861 тыс. т (1990 г.) и скумбрии — более 250 тыс. т (1973—1974 гг.). Основной причиной многолетней изменчивости состояния их запасов, вызванных чередованием периодов урожайных и неурожайных поколений, стали климатические изменения, а не чрезмерный пресс промысла.

Исследования различных авторов убедительно доказали наличие связей между урожайностью поколений промысловых видов рыб и локальными температурными, а также глобальными климато-океанологическими факторами среды (Бенко и др., 1993; Ижевский, 1961, 1964; Давыдов, 1989; Кляшторин, Любушин, 2005; Науменко, 2001; Alheit et al., 2014; Chiba et al., 2010; Cushing, Dickson, 1976; Cushing, 1982; Drinkwater et al., 2010; Eriksen et al., 2012; Mantua et al., 1997; Ottersen et al., 2004; Ottersen, Alheit et al., 2004, 2010; Sugisaki et al., 2010). Для многих запасов рыб были обнаружены значительные квазициклические колебания биомассы с периодами от 5—6 до 50—70 и даже 90 лет.

Необходимость знаний о возможном изменении состояния запасов основных промысловых видов рыб в перспективе исключительно важна для целей стратегического планирования. Отсутствие долгосрочного прогноза изменчивости сырьевой базы в значительной степени увеличивает финансовые риски для судовладельцев. Последствия пла-

нирования «вслепую» могут иметь не только финансовые, но и негативные социальные последствия.

Авторы поставили перед собой задачу изучить влияние климата на запасы основных видов отечественного рыболовства, и на их основе осуществить прогнозирование перспектив российского промысла до 2035 г.

Глобальные климатические индексы и их межгодовая изменчивость. Климато-океанологические условия можно охарактеризовать, используя различные климатические индексы дальних связей в атмосфере, такие, как арктическое колебание (АК), северо-атлантическое колебание (САК), скандинавское колебание (СКАНД), тихоокеанско-северо-американское колебание (ТСА), западно-тихоокеанское колебание (ЗТ), северо-тихоокеанское колебание (СТК) и северо-тихоокеанский индекс (СТИ). Океанологические индексы, включая тихоокеанскую декадную осцилляцию (ТДО) и Атлантическую многодекадную осцилляцию (АМО), с различными лагами показали очень высокую тесноту связи изменчивости климата и уловов ключевых объектов рыболовства — норвежской весенне-нерестующей сельдью и тихоокеанских лососей (рис. 1). Статистически значимые связи, подтверждаемые высокими значениями коэффициентов корреляции, с успехом могут быть использованы для целей долгосрочного прогноза. Особый интерес для прогнозов представляют «опережающие индексы», которые обнаружены для АМО и сельди. «Фора» в 10 лет позволяет быть уверенным в надежности такого прогноза.

При поиске факторов, вызывающих 90-летние колебания запасов, проанализированы данные солнечной активности, а для объяснения более коротких циклов — 10 и 20-летних, дисперсии осцилляции приливных колебаний скорости вращения Земли (Сидоренков, Сумерова, 2010).

Для более полного понимания процессов долговременных изменений состояния атмосферы или океана, необходимо учитывать те глобальные изменения, которые про-

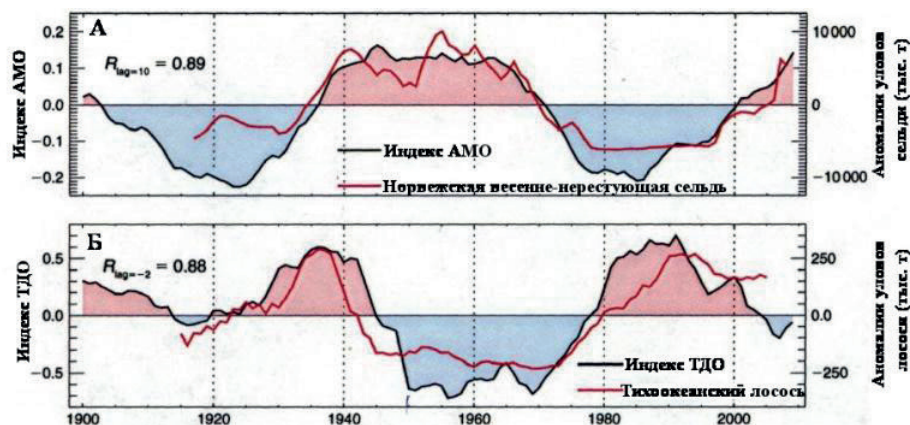


Рис. 1. Сопряженность динамики климатических индексов с изменением состояния запасов сельди и лососей. (А) аномалии индекса АМО (черная линия) и уловов норвежской весенне-нерестующей сельди (красная линия) с 19-летним скользящим осреднением (Toresen, Ostvedt, 2000); (Б) аномалии индекса ТДО (черная линия) и уловов тихоокеанских лососей (красная линия) (Кляшторин, Любушин, 2005).

исходят в климатической системе в последние 150–170 лет. Для этого периода характерен выраженный тренд на потепление. По мнению Акасофу (Akasofu, 2010) эта тенденция с восстановлением климатической системы Земли после «малого ледникового периода», наблюдавшегося в XVII–IXX вв., продолжится до 2100 г.

В качестве индикатора изменений климата наиболее часто используют различные температурные показатели, такие как температура воздуха, осредненная глобально или по полушариям; поверхностная темпера-

тура воды, осредненная по отдельным океанам или по крупным океаническим регионам. По данным инструментальных наблюдений за последние 100 лет температура приземного воздуха в Северном полушарии выросла на 0,6–0,9°C (рис. 2). При этом положительный линейный тренд объясняет 72% дисперсии ее колебаний.

Следует отметить, что потепление климата не было равномерным. Оно прерывалось паузами, когда рост температуры прекращался, или даже происходило некоторое похолодание (рис. 2). Причина неравномер-

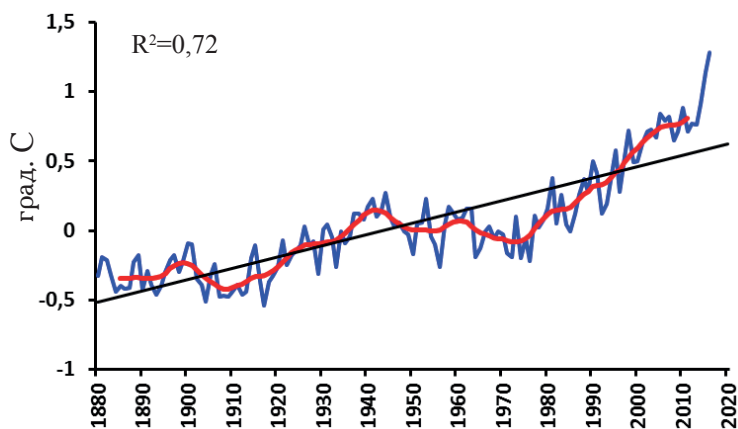


Рис. 2. Изменения среднегодовой температуры воздуха в Северном полушарии (синяя линия). Красная кривая линия соответствует 11-летнему скользящему осреднению. Прямой линией показан линейный тренд.

ного роста температуры заключается в наличии цикличности с периодом 50–70 лет.

Одним из ключевых вопросов при долгосрочном прогнозировании изменчивости запасов водных биоресурсов, является прогноз изменения климата. Необходимо отметить, что в этом вопросе среди ученых нет единой позиции. Сегодня большая часть ученых придерживается взглядов «глобального потепления» климата. Существующие в настоящее время модельные прогнозы изменения глобального климата в связи с влиянием антропогенного воздействия, вызванного концентрациями CO_2 в атмосфере («парниковыми газами»), разработаны в рамках четвертого (IPCC, 2007) и пятого (IPCC, 2014) докладов Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК). На рисунке 3 представлены два сценария: первый для низких эмиссий CO_2 , второй — для высоких.

Однако, скорость фактического роста глобальной ТПО оказалась в 1,5 раза ниже смоделированной. Это свидетельствует о том, что в настоящее время естественные факторы оказывают большее влияние на изменения температуры, чем антропогенные.

Сторонники другого подхода связывают современный тренд к потеплению климата с природными процессами. Следует отметить, что потепление климата происходит неравномерно вследствие наличия климати-

ческого цикла с периодом порядка 50–70 лет. Колебания ТПО с периодом около 60–65 лет хорошо известны в Северной Атлантике, получив название «Атлантическая многодекадная осцилляция» (АМО). Аналогичные колебания обнаруживаются и в северной части Тихого океана. Если из исходных данных удалить линейный тренд, то окажется, что климатические изменения происходят синхронно, как в северной части Тихого океана, так и в северной Атлантике (рис. 4).

В недавно опубликованной работе российских ученых И.И. Мохова и Д.А. Смирнова (2018 г.) показано, что на временных интервалах 15–30 лет такой природный 60-летний цикл вносит больший вклад в изменения климата, чем эмиссия парниковых газов.

Если продолжить 60-летний цикл на ближайшие 2–3 десятилетия, то, начиная со второй половины 2020-х гг. и вплоть до 2040 г., в северной части Тихого и Атлантического океанов можно ожидать похолодания поверхностных вод, связанного с переходом к отрицательной фазе цикла. Дополнительным фактором похолодания может стать начало векового минимума солнечной активности.

Таким образом, в период с 2020 по 2035 гг. не ожидается существенного роста температуры независимо от того, какие концентрации «парниковых газов» будут в атмосфере. Даже сторонники «глобального потепления» не прогнозируют существенного увеличения температуры до 2035 г. Согласно их представлениям рост температуры если и будет, то небольшой.

Следовательно, в период до 2035 г. на изменчивость климата большее влияние будут оказывать природные процессы, а не антропогенная деятельность.

Необходимо отметить, что на фоне климатических изменений с периодом несколько десятилетий часто наблюдаются колебания с периодом 8–15 лет и меньше. Примером таких «высокочастотных» колебаний является резкое потепление вод на северо-востоке Тихого океана в 2014–2016 гг. На пике своего развития положительные АТПО

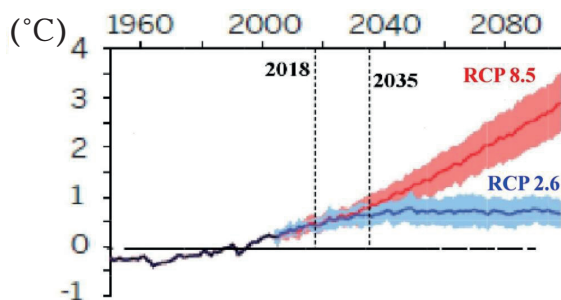


Рис. 3. Изменение глобальной ТПО в XXI в. относительно 1990–1999 гг. при низких (синий цвет) и высоких эмиссиях CO_2 (красный цвет) (по: Gattuso et al., 2015).

Детрендированные АТПО, сглаженные 121-месячным скользящим осреднением:
(январь 1870—август 2015 гг.)

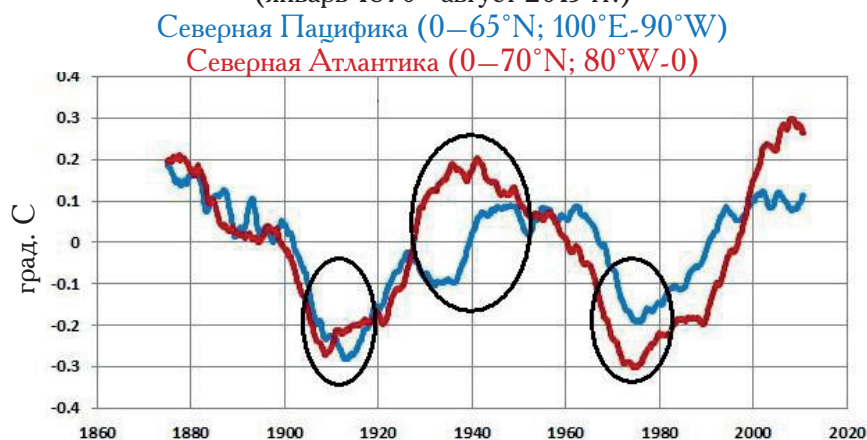


Рис.4. Аномалии температуры поверхности океана в северных частях Атлантического и Тихого океанов (АТПО) в 1870–2015 гг. после удаления линейного тренда (Tisdale, 2015).

в верхнем 100-м слое достигали 4,0–4,5°C. Это потепление оказало большое влияние на экосистемы всей северной части Северной Пацифики. В 2020-х–2030-х гг. повторяемость таких «волн тепла» на фоне наблюдающегося глобального потепления может увеличиться.

В работе Хи с соавторами (Xie et al., 1999) показано, что квазидекадная (от 8 до 15 лет) изменчивость глобальных индексов АК/САК оказывает значительное влияние на температуру в северной части Японского моря и на севере Северной Пацифики вдоль субполярного фронта. Влияние квазидекадной изменчивости, связанной с АК/САК, также установлено и для подповерхностной температуры воды Японского (Minobe et al., 2004) и Охотского (Minobe, Nakamura, 2004) морей.

В работе А.С. Кровнина с соавторами (2017) показано, что квазидекадная изменчивость АК в значительной мере определяет состояние атмосферного северо-тихоокеанского колебания (СТК) с временным лагом 1–2 года и, в итоге, фазу осцилляции северо-тихоокеанского круговорота (ОСТК). Прежде всего, это проявляется в поле АТПО в северной части Тихого океана. Проведенные авторами исследования показали тесную связь индекса ОСТК с квазидекадными колебаниями температуры

воды и пополнением промысловых рыб в северо-западной части Тихого океана. К ним относятся, в частности, северо-охотоморский минтай, тихоокеанская треска северо-западной части Берингова моря, западно-камчатская горбуша.

В настоящей работе перечень исследуемых видов включает: минтай, сельди, тихоокеанские лососи, треску, путассу, скумбрию и пикшу, составляющих основу современного российского вылова, а также перспективных объектов промысла — сардину-иваси, мойву, тихоокеанскую скумбрию, имевших существенную роль в отечественном рыболовстве в предыдущие годы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Минтай

Минтай на протяжении многих лет является основным объектом промысла в отечественном рыболовстве. Основные районы промысла расположены в Охотском море и северо-западной части Берингова моря. Однако запасы минтая подвержены существенной межгодовой изменчивости. Формирование различных по численности поколений минтая зависит от ряда причин. К числу основных факторов среды, влияющих на успешность воспроизводства, относится температура, при которой происходит

развитие личинок и молоди. Температура является интегрированным показателем, который влияет на продолжительность инкубации, обеспеченность пищей, скорость обменных процессов, в конечном итоге определяя выживаемость.

Северо-охотоморский минтай.

Результаты многочисленных исследований свидетельствуют о зависимости динамики запасов северо-охотоморского минтая от изменений климата (Качина, Сергеева, 1981; Шунтов и др., 1993; Фадеев, 2001; Смирнов, 2005; Булатов, Котенев, 2010; Овсянников и др., 2013; Булатов, 2014). Известно, что при формировании урожайных поколений нерестовая биомасса минтая растет с лагом в 8 лет (Булатов, 2003). В настоящем разделе работы будет рассмотрена связь выживаемости поколений минтая с крупномасштабными климатическими процессами в северотихоокеанском регионе.

На рисунке 5 показаны аномалии коэффициентов выживания (КВ) минтая относительно нормы за 1980–2010 гг. КВ определены как отношение численности рыб в возрасте 3 года к биомассе нерестового запаса в год рождения поколения. Временной ряд численности был смещен к году нереста,

т.е. на 3 года назад. Многолетние изменения коэффициента обнаруживают два периода с различным средним уровнем его колебаний. Первый период (1983–1999 гг.) характеризуется преобладанием отрицательных аномалий КВ, отражающих пониженную выживаемость поколений минтая этих лет. Начиная с 2000–2001 гг., ситуация резко изменилась, и вплоть до 2008 г. складывались условия, благоприятные для формирования урожайных поколений этого объекта промысла.

Резкие изменения в ходе КВ минтая хорошо согласуются с режимными сдвигами в многолетних колебаниях АТПО в северо-западной части Тихого океана. Режимный сдвиг в колебаниях АТПО произошел в 1999 г., т.е. на 1–2 года раньше соответствующего сдвига в многолетних изменениях КВ минтая. При этом с конца 1990-х гг. преобладали отрицательные аномалии ТПО, а в предшествующий период (1980–1998 гг.) — положительные. Таким образом, связь между выживаемостью поколений минтая и поверхностной температурой воды в преднерестовый и нерестовый периоды обратная: выживаемость снижается, когда температура воды выше нормы, и наоборот.

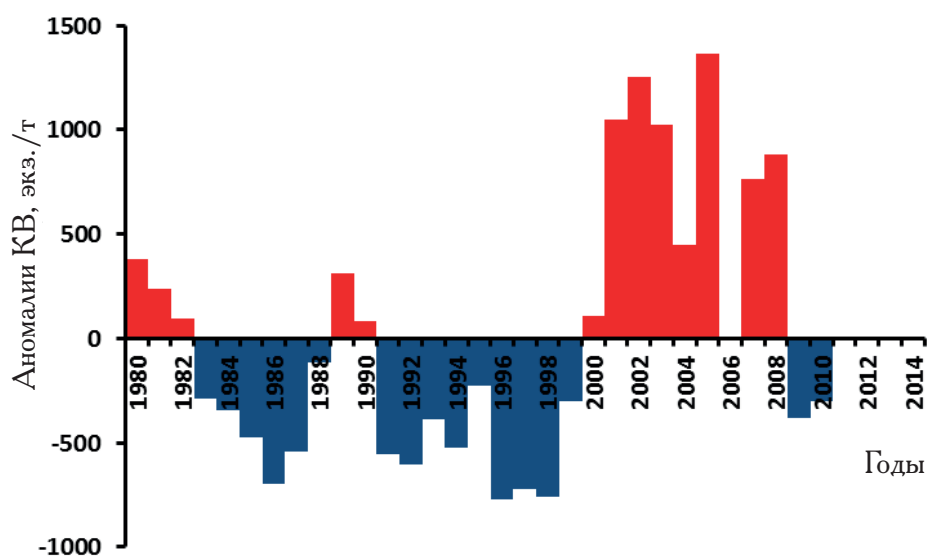


Рис. 5. Аномалии коэффициентов выживания поколений северо-охотоморского минтая в 1980–2010 гг.

Распределение коэффициентов корреляции между КВ минтая северной части Охотского моря и полем АТПО в Северной Пацифике обладает большим сходством со структурой поля корреляций между индексом осцилляции северо-тихоокеанских круговоротов (ОСТК) и значениями температурных аномалий.

Интегральные аномалии индекса ОСТК, смещенного на два года, и КВ (рис. 6) показали высокое значение между рассматриваемыми характеристиками (0,86), что свидетельствует о высокой статистической значимости и тесноте связи. Полученное высокое значение коэффициента корреляции свидетельствует о том, что связь между индексом ОСТК и КВ северо-охотоморского минтая лучше проявляется в совпадении многолетних тенденций, чем в линейной связи между исходными рядами.

Когда индекс ОСТК положителен, ветровое воздействие создает благоприятные условия для развития апвеллинга (подъема вод) и формирования отрицательных АТПО в Аляскинском круговороте и вдоль северной периферии субарктического круговорота. В восточной части Охотского моря повышенная теплоотдача с морской поверхности

за счет преобладания ветров северных румбов приводит к дальнейшему усилению отрицательных аномалий ТПО.

Таким образом, существует тесная связь численности пополнений минтая северной части Охотского моря с климатическими факторами, ведущей из которых в данном случае является изменчивость интенсивности субарктического океанического круговорота. Выявленный двухлетний сдвиг между климатическими изменениями и КВ, по-видимому, соответствует времени реакции популяции минтая на режимные сдвиги в колебаниях регионального климата. Изменения численности пополнения минтая также тесно связаны с изменениями интенсивности течений в субарктическом океаническом круговороте: численность пополнения выше при усилении интенсивности течений, и наоборот.

Для охотоморской популяции минтая выявлена достоверная связь между аномалиями биомассы нерестового запаса (БНЗ) и средними зимними АТПО в Охотском море. Исследованиями установлено, что при положительных аномалиях температуры наблюдается более высокий уровень запасов, чем при отрицательных (рис. 7).

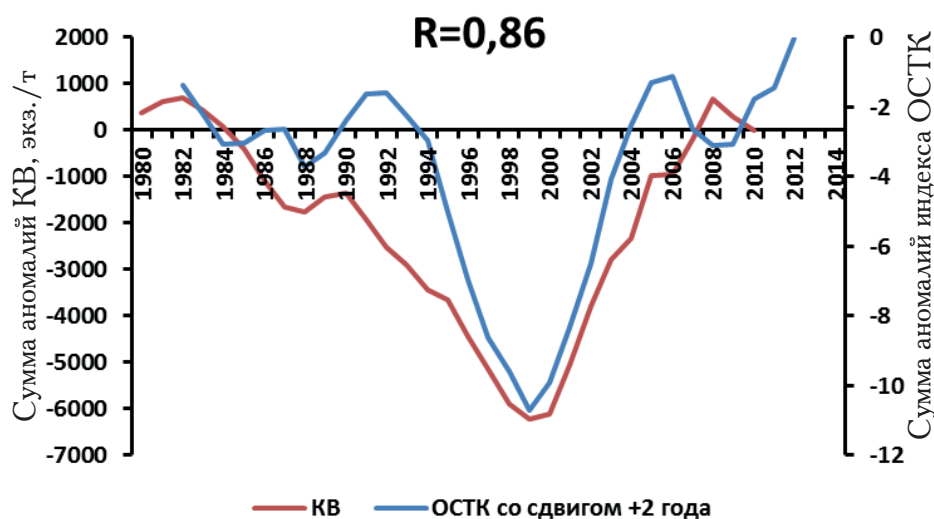


Рис. 6. Интегральные значения аномалий КВ северо-охотоморского минтая и индекса ОСТК (февраль—апрель) с лагом в 2 года в 1980—2010 гг.

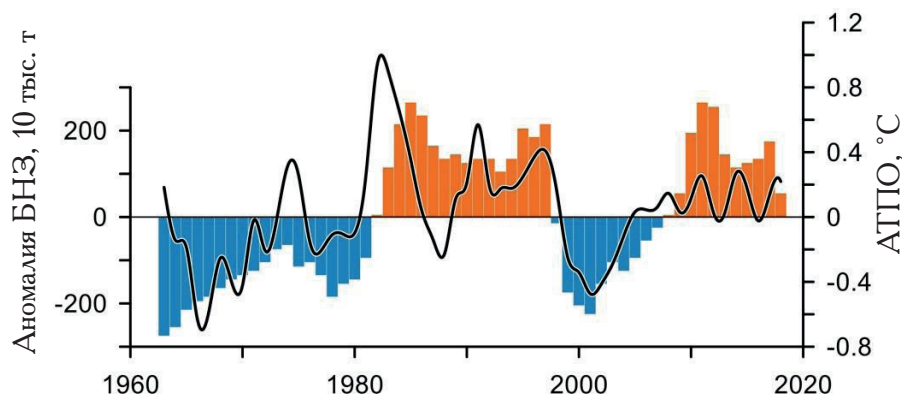


Рис. 7. Динамика аномалий биомассы нерестового запаса минтая северной части Охотского моря (БНЗ, столбики) и средних зимних аномалий температуры поверхности Охотского моря (АТПО, линия).

С учетом прогнозируемого похолодания, можно ожидать, что наблюдавшийся в 2011–2013 гг. максимум нерестовой биомассы достигнет среднемноголетнего уровня в 2020 г. Затем снижение продолжится, что может привести к значительному снижению вылова, до 400–500 тыс. т, как это было в начале 2000-х гг. Ожидается, что период низких уловов продолжится около 10–15 лет, а в дальнейшем, с 2040 г. начнется период нового роста биомассы минтая.

Восточно-берингоморский минтай. Для восточно-берингоморской популяции минтая также характерна значи-

тельная межгодовая изменчивость запасов (Iannelli et al., 2016), вызванная высокими межгодовыми колебаниями численности поколений (рис. 8).

В период отрицательной фазы Тихоокеанской декадной осцилляции (ТДО) в 1963–1976 гг. для Берингова моря были характерны высокая ледовитость и холодные термические условия, как в период нереста минтая, так и в период нагула сеголеток (Родионов, Кровнин, 1991). Эти условия способствовали появлению малоурожайных и среднеурожайных поколений, которые обусловили низкую биомассу запаса в 3–5 млн. т до начала 80-х гг.

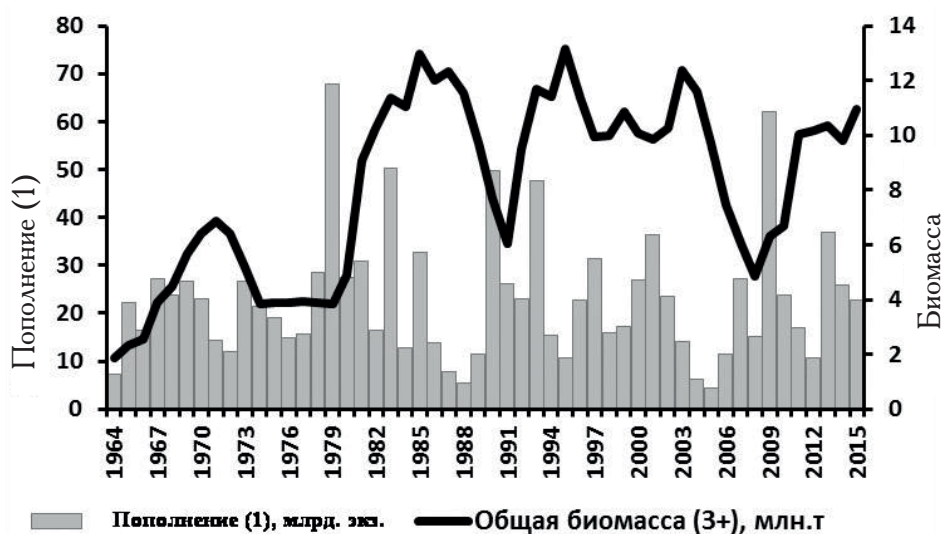


Рис. 8. Динамика пополнения и общей биомассы минтая.

В 1977–1999 гг. при ярко выраженной положительной фазе ТДО в Беринговом море сформировались условия для низкой ледовитости, преобладания положительных аномалий температуры воды во время нереста и нагула личинок и сеголеток, что способствовало их повышенной выживаемости, особенно в годы рекордно урожайных поколений 1978, 1982, 1989 и 1992 годов рождения. В дальнейшем появились еще два урожайных поколения 1997 и 2000 гг. рождения, однако их численность была в 1,5 раза ниже, чем у рекордно урожайных поколений конца 70-х начала 80-х гг.

После климатического сдвига 1998/1999 гг. началось резкое потепление моря, а в 2002–2005 гг. наблюдалась минимальная ледовитость за весь предшествующий период наблюдений. Следствием таких экстремально теплых условий стала низкая выживаемость поколений из-за преобладания в пищевом рационе низкокалорийного мелкого зоопланктона (Hollowed et al., 2017). В период похолодания, связанного с развитием отрицательной фазы ТДО в 2007–2013 гг., при средней ледовитости моря, появилась серия среднеурожайных поколений с одним высокоурожайным поколением 2008 г. рождения, обеспечившим в дальнейшем рост биомассы минтая.

При резком потеплении вод в 2014–2017 гг. повышенная урожайность отмечена у минтая, обитающего в северной части его ареала, где сохранялись холодные условия, и присутствовал крупноразмерный зоопланктон. Для минтая, обитающего в южной части Берингова моря, видимо, условия выживаемости были хуже, чем обычно.

Будущее состояние запасов восточно-берингоморского минтая будет зависеть от интенсивности похолодания и ледовитости. При значительном похолодании, которое прогнозируется авторами данной статьи (аналог — 1963–1976 гг.), в конце 2020-х начале 2030-х гг. запас снизится до минимального за последние 40 лет уровня — 5–6 млн. т, что может привести к снижению вылова в экономзоне США

на 500 тыс. т. При умеренном похолодании и близкой к средней ледовитости (аналог — 2007–2013 гг.), биомасса будет находиться на уровне 7–8 млн. т. В этом случае уловы восточно-берингоморского минтая останутся на высоком уровне.

Наваринский минтай. Климатические изменения также влияют на минтая, обитающего в северо-западной части Берингова моря. Этот район имеет большое значение для отечественного рыболовства. Данные по динамике запасов (Булатов, 2014) свидетельствуют о том, что здесь в период с начала 80-х годов прошлого века до настоящего времени с периодичностью в 10 лет отмечаются максимумы запасов. Они наблюдались в середине 80-х, середине 90-х, середине 2000-х и в 2016 г. Тогда как минимумы биомассы приходились на 1990, 2000, 2010 годы. Ожидаемое похолодание в конце 20-х — начале 30-х гг. XXI в. приведет к существенному снижению биомассы этого запаса, находящегося на северной периферии ареала, что негативно отразится на отечественном вылове. Если среднегодовое вылов в северо-западной части Берингова моря составляет более 350 тыс. т, то ожидаемое похолодание может вызвать его снижение на 100–150 тыс. т.

Япономорский минтай. Похолодание может оказать положительное влияние на южные популяции минтая, которые размножаются у берегов КНДР и Японии, на нерестилищах которых на протяжении более чем 20-летнего периода, температура воды в период нереста была существенно выше оптимума, что и привело к появлению серии низкоурожайных поколений. Наступление периода благоприятных условий для воспроизводства минтая в Японском море позволит в 2030–2040 гг. вновь достичь 2-миллионного уровня вылова, как это отмечалось в начале 80-х гг.

Тихоокеанские лососи

Долговременные изменения состояния запасов и уловов тихоокеанских лососей характеризуются как чередование «лососе-

вых эпох», когда численность и уловы высоки, так и периодами существенного снижения численности и уловов. Для прогноза состояния запасов лососей на период до 2035 г. необходимо решить две задачи:

1. определить время окончания современной «лососевой эпохи»;
2. обосновать продолжительность периода низкой численности и низких уловов.

Изучению влияния температурных и климато-океанологических факторов на динамику численности и запасы тихоокеанских лососей посвящены работы ряда исследователей (Бирман, 1973; 1978; 1980; Давыдов, 1977; Кляшторин, Любушин, 2005; Кровнин и др., 2016; Шунтов, Темных, 2011; Klyashtorin, 2001; Kaeriyama et al., 2009), однако многие вопросы остались нерешенными. К сожалению, не удалось дать прогноз окончания современной «лососевой эпохи», который бы оправдался, и, хотя тенденция к некоторому снижению численности отмечалась в первой половине 2010-х гг., в последние годы уровень уловов тихоокеанских лососей был достаточно высоким, достигнув исторического максимума в 676 тыс. т в 2018 г. Следовательно, вопрос «когда закончится период высоких уловов», остается открытым до сих пор.

Ретроспективный анализ динамики уловов тихоокеанских лососей за последнее столетие может быть использован для определения продолжительности низкого уров-

ня запасов и возможной величины уловов в период до 2035 г. В северной части Тихого океана в XX в. отмечались два максимума численности тихоокеанских лососей (рис. 9). Первый наблюдался в 1930–1940-е гг., когда ежегодный вылов превышал 300 тыс. т. Второй начался в 1990-е гг. и продолжается до сих пор. Минимальные уловы в северо-западной части Тихого океана отмечались на протяжении 30 лет, с 1956 по 1986 гг.

Снижение запасов и уловов лососей в 1950-е–1970-е гг. совпало с резким похолоданием поверхностных вод в основных районах зимнего обитания лососей — в Северной Пацифике, в районе между 30–45° с.ш. (рис. 10). Неблагоприятные условия зимовки, наблюдавшиеся в течение продолжительного периода времени, отрицательно сказались на обеспеченности пищей, что привело к резкому росту естественной смертности молоди и, в конечном итоге, значительному снижению численности поколений.

Последующий рост запасов и, соответственно, уловов дальневосточных лососей в 1982–2018 гг. связан с резким потеплением вод в западной и центральной частях Северной Пацифики. Это потепление стало следствием установления нового климатического режима в северной части Тихого океана в конце 1980-х гг., который сопровождался смещением «центра тяжести» климатической изменчивости из восточной части в западную часть (рис. 11).

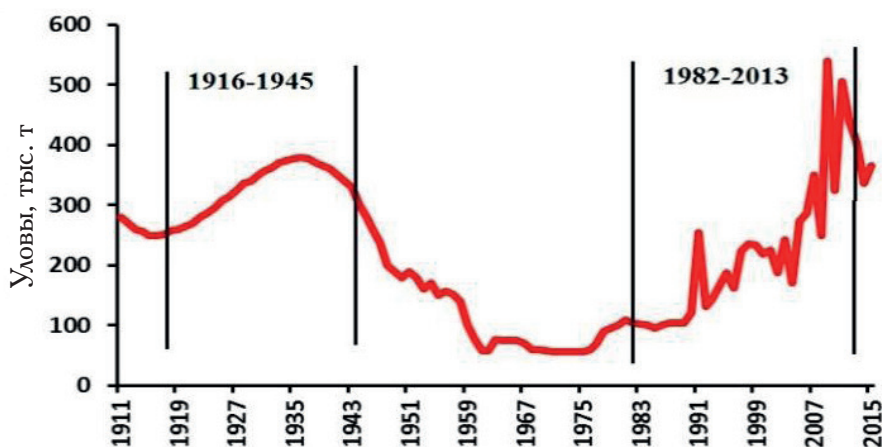


Рис. 9. Вылов тихоокеанских лососей в 1911–2016 гг., тыс. т.

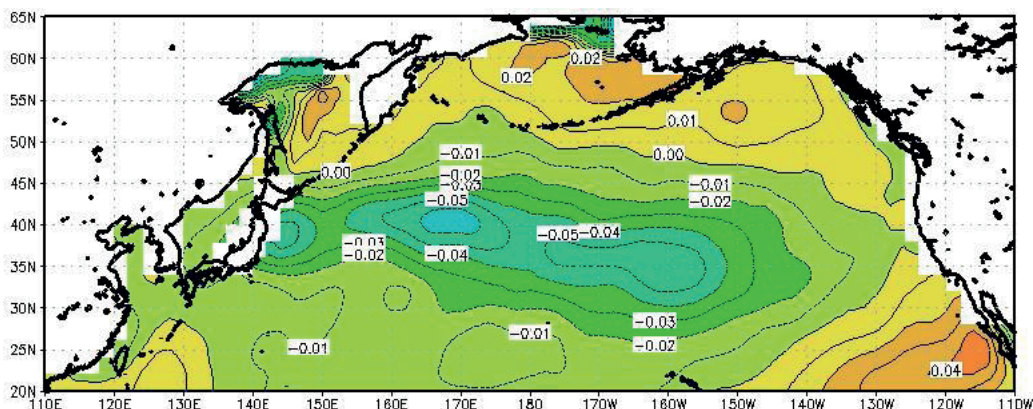


Рис. 10. Величины линейных трендов ($^{\circ}\text{C}/\text{год}$) средних значений зимних аномалий ТПО в Северной Пацифике в период 1946–1981 гг. (холодный период).

Таким образом, периоды роста (снижения) уловов тихоокеанских лососей совпали с потеплением (похолоданием) вод Северной Пацифики в зимний период.

Следует отметить, что на протяжении последних 10 лет отмечались очень большие колебания уловов основных дальневосточных стад горбуши. После пика вылова восточно-камчатской горбуши в 182 тыс. т в 2011 г., а западно-камчатской горбуши в 165 тыс. т в 2012 г., их уловы существенно снизились, соответственно, до 37 тыс. т в 2013 г. и 8,2 тыс. т в 2014 г. Потепление вод в Беринговом море и восточной части Охотского моря в 2014–2018 гг. способствовало формированию чрезвычайно благоприятных условий среды для лососей, нерестящихся в реках Камчатки, на всех ста-

диях их жизненного цикла. Это сказалось, прежде всего, на росте запасов и, соответственно, уловов восточно-камчатской и западно-камчатской горбуши. Так, в 2015 г. улов восточно-камчатской горбуши увеличился более чем в два раза, а западно-камчатской горбуши в 2016 г. в 9 раз по сравнению, соответственно, с 2013 и 2014 гг. В 2016 г. наблюдался резкий рост вылова четной линии восточно-камчатской горбуши (около 70 тыс. т.). В 2018 г. был получен рекордный улов лососей в 676 тыс. т. Этот беспрецедентный рост улова был в значительной мере связан с 4-х кратным увеличением вылова западно-камчатской горбуши по сравнению с предыдущим четным 2016 г. (соответственно 301,3 тыс. т и 74,8 тыс. т), в то время как улов восточно-камчатской

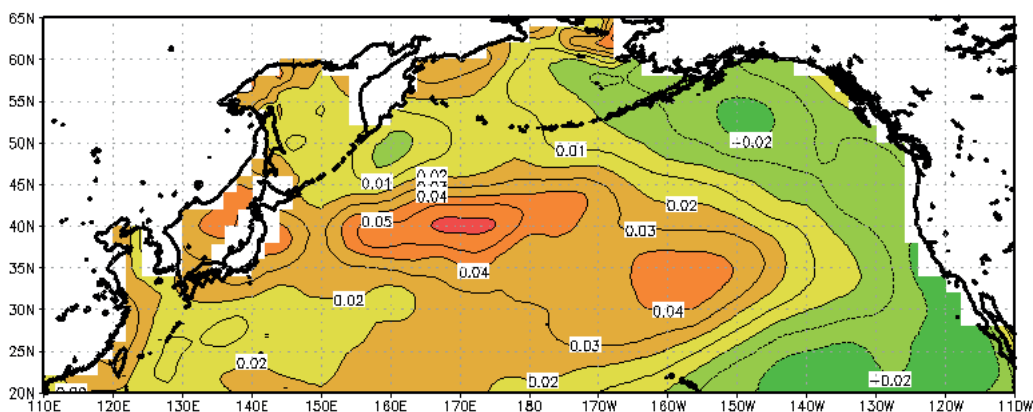


Рис. 11. Величины линейных трендов ($^{\circ}\text{C}/\text{год}$) средних значений зимних аномалий ТПО в Северной Пацифике в период 1982–2012 гг. (теплый период).

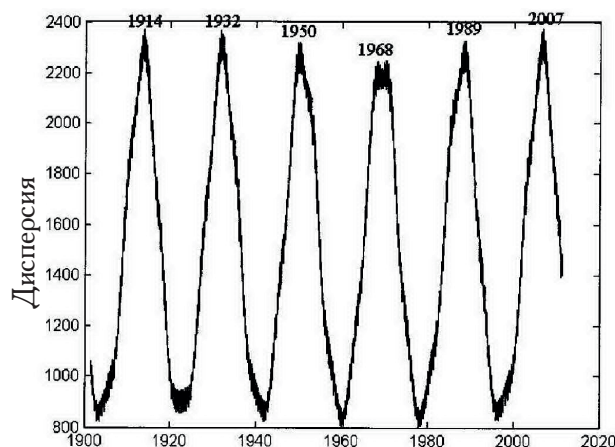


Рис. 12. Дисперсия $D(t)$ приливных колебаний скорости вращения Земли в скользящем годовом окне за период 1900–2010 гг. (Сидоренков, Сумерова, 2010).

горбуши возрос с 68,99 тыс. т в 2016 г. до 111,25 тыс. т в 2018 г., т.е. в 1,6 раза. В 2019 г. общий вылов лососей также оказался высоким, хотя и ниже по сравнению с 2018 г., составив 500 тыс. т.

В период с 2011 по 2015 г. отмечалось четырехкратное падение уловов нечетных поколений горбуши Восточного Сахалина, а вылов четных поколений горбуши Южных Курил после 2012 г. снизился в 5–6 раз. В 2015–2017 гг. у побережья Восточного Сахалина и на Южных Курилах уловы горбуши в 2015–2017 гг. были ниже прогнозируемых. Это могло быть связано с интенсивным похолоданием поверхностных вод в период ската ее молоди в конце весеннего — начале летнего сезона. В 2018 г. уловы горбуши здесь оказались на уровне прогнозируемых или несколько выше. При этом массовые подходы горбуши к Южным Курилам отмечались в августе, когда произошло значительное ослабление отрицательных АТПО в южной части Берингова моря. Вылов горбуши в первой декаде сентября 2019 г. в указанных районах, особенно у Южных Курил, оказался ниже прогнозируемого.

Такие значительные колебания в уловах горбуши были связаны с усилением короткопериодной изменчивости климатических условий в северной части Тихого океана в по-

следние годы, в частности с чередованием волн «холода» и «тепла» на севере северо-тихоокеанского региона, соответственно в 2012–2013 и 2014–2016 гг. В ближайшие десятилетия повторяемость «волн тепла» и «волн холода» возможно, будет увеличиваться, что затрудняет точность прогноза состояния запасов дальневосточных лососей на ближайшие 10–15 лет. С высокой долей вероятности следует ожидать снижения российского вылова лососей в северо-западной части Тихого океана к 2035 г. до 200–250 тыс. т.

Охотская сельдь

Для популяции охотской сельди выявлены циклические колебания запаса с периодами 5–6, 10 и 20 лет (Науменко, 2001; Тюрнин, 1975, 1980; Тюрнин, Ёлкин, 1984; Лобода, 2007; Панфилов, 2006, 2009). При этом каждые 6–10 лет отмечается появление подряд двух или трех урожайных поколений. Если 5–6-летняя цикличность запаса связана со вступлением в него урожайных поколений, то природа 10- и 20-летних колебаний до конца не выяснена. Можно предположить, что такая цикличность связана с колебаниями скорости вращения Земли, зависящими от фазы лунного прилива с периодом 18,6 лет. Поэтому в качестве геофизического фактора, контролирующего появление урожайных поколений сельди, в данной работе использована дисперсия приливных колебаний скорости вращения Земли (Сидоренков, Сумерова, 2010) (рис. 12).

Результаты сравнительного анализа урожайности поколений с экстремумами дисперсии приведены в таблице 1, из которой следует, что более 80% урожайных поколений связаны с максимумами и минимумами дисперсии.

Появление урожайных поколений отмечалось в те годы, когда нерестилища свободны ото льда, а температура, при которой происходит развитие сельди в период раннего онтогенеза, близка к среднемноголетним значениям или выше их.

На рисунке 13 показаны барикоциркуляционные условия в Северной Па-

Таблица 1. Связь урожайных поколений охотской сельди с максимальной и минимальной дисперсией и предшествующими урожайными поколениями, формирующими нерестовый запас

Годы урожайных поколений	Положение относительно «максимумов» и «минимумов» дисперсии	Основные годовые классы нерестового запаса
1952	максимум 1950	1947, 1945, 1944
1957	минимум 1959	1952
1958	минимум 1959	1952
1962	минимум 1959	1958, 1957
1967	максимум 1968	1962, 1961
1968	максимум 1968	1963, 1962, 1961
1974	на переходе к минимуму	1968, 1967
1978	минимум 1978	1974, 1973
1979	минимум 1978	1974, 1973
1983	на переходе к максимуму	1979, 1978
1988	максимум 1989	1984
1989	максимум 1989	1983
1996	минимум 1996	1989, 1988
1997	минимум 1996	1990, 1989, 1988
2000	на подъеме к максимуму	1996, 1995, 1994, 1991
2002	2007	1998, 1997, 1996,
2004		1995 1993, 1992
		1998, 1997, 1996
2006	максимум 2007	1999, 1998, 1997
2009	максимум 2007	2003, 2003, 2000, 1999
2014	на переходе к минимуму	2009, 2008, 2007, 2006
2015	минимум 2016	2010, 2009, 2008, 2007
2016	минимум 2016	2010, 2008, 2007

цифике в апреле—мае для поколений, связанных с максимумами 1967 и 1968 гг., 1988 и 1989 гг. и 2007 г. Антициклоническая циркуляция с центром над западными Алеутскими островами способствовала интенсивному притоку вод из океана и развитию положительных аномалий ТПО до 1,0–1,2°C в пределах западной части нерестилищ (рис. 13а, б). В восточной их части ТПО в 1967–1968 гг. была близка к норме. В 2009 г. высокие положительные аномалии температуры воды отмечались на всех нерестилищах (рис. 13б). Единственный максимум дисперсии приливных колебаний 1950 г. сопровождался частыми циклоническими об-

разованиями на севере Охотского моря, который в апреле-июне обусловил повышенную повторяемость северных и северо-восточных ветров, способствовавших освобождению нерестилищ ото льда.

Барико-циркуляционные условия для поколений, сопряженных с минимумами дисперсии (1962, 1978–1979, 1996–1997, 2015–2016 гг.) коренным образом отличаются (рис. 14). Характерная особенность этих лет — пояс пониженного атмосферного давления, простирающийся от Восточной Азии (Дальневосточная депрессия) через Охотское море, Камчатку в Берингово море. Однако связанные с этим поясом циклоны

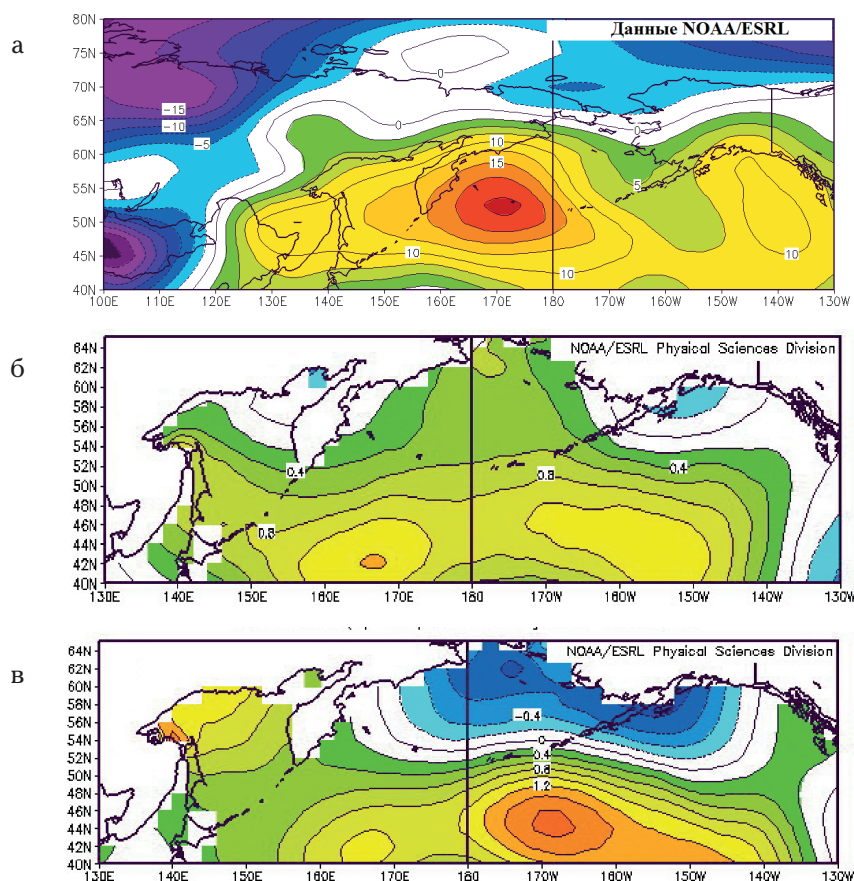


Рис. 13. Аномалии геопотенциальных высот (апрель—май) на поверхности 1000 гПа, осредненные за 1967, 1968, 1988, 1989, 2007 гг. (а); АТПО в Северной Пацифике в мае-июне 1967—1968 гг. (б) и 2009 г. (в).

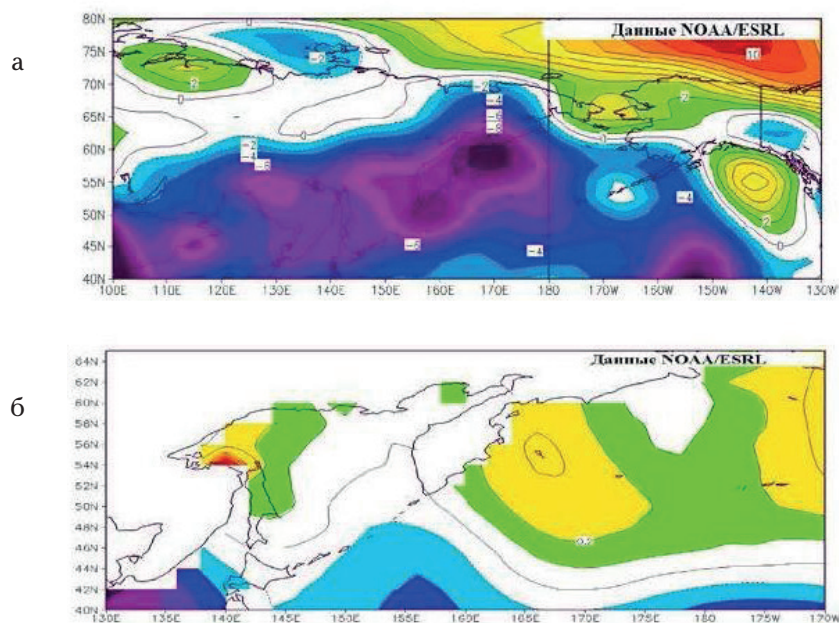


Рис. 14. Аномалии геопотенциальных высот (апрель—май) на поверхности 1000 гПа (а) и АТПО (май—июнь) (б) в Северной Пацифике, осредненные за 1962, 1974, 1977, 1978, 1995, 1996, 2016, 2017 гг.

были, как правило, неглубокими, обусловившими лишь незначительное охлаждение вод. Об этом можно судить по данным для 1978 и 1979 гг., когда значения ТПО были близки к среднему уровню или имели слабо положительные аномалии (Тюрнин, Ёлкин, 1984). В первой декаде июня температура воды на нерестилищах составляла, соответственно, 8,79°C и 7,17°C. Почти все урожайные и среднеурожайные поколения появились в умеренные или теплые по весенним термическим условиям годы.

Для максимумов дисперсии приливных колебаний скорости вращения Земли характерна активизация антициклогенеза над Охотским морем, создающая благоприятные условия для развития сельди. Однако в периоды появления минимумов дисперсии приливных колебаний скорости вращения Земли, появление урожайных поколений также возможно, но только в годы со слабой циклонической активностью.

Максимумы и минимумы дисперсии приливных колебаний вращения Земли устойчивы во времени, что создает основу для прогноза урожайности поколений охотской сельди. Отсюда можно полагать с большой долей вероятности, что урожайные поколения сформируются в 2025–2026 гг., что приведет к росту запасов в 2030–2035 гг.

Сахалино-хоккайдская сельдь

История промысла сахалино-хоккайдской сельди насчитывает более 150 лет. Во второй половине XIX в. и первой половине XX в. (1870–1945 гг.) отмечалась эпоха высокой численности этого вида сельди, которая продолжалась 75 лет, и характеризовалась уловами более 300 тыс. т (рис. 15а). Исторический максимум вылова составлял 1 млн. т (Науменко, 2001), однако к концу XX в. промысел практически перестал существовать. Одной из возможных причин Н. С. Фадеев (2003) считал загрязнение нерестилищ. Прогноз этого автора на перспективу был пессимистичен.

Продолжительность эпохи высоких уловов связана с длительным периодом ох-

ждения вод в экосистеме Куро-Ойясио (рис. 15б). По мнению авторов данной статьи, наступление продолжительной эпохи низких температур, вызванных вековым минимумом солнечной активности в конце XIX в. (рис. 15в), сформировало благоприятные условия для успешного воспроизводства сельди.

В связи с прогнозом ожидаемого в 2030-е гг. похолодания вод Северной Пацифики при переходе к отрицательной фазе 60-летнего климатического цикла (Булатов и др., 2016), а также возможным наступлением векового минимума солнечной активности, есть основания полагать, что к 2035 г. запасы сельди восстановятся до высокого уровня и уловы достигнут 300 тыс. т.

Японская скумбрия

Популяция тихоокеанской скумбрии, обитающая к востоку от Японии, в районе течения Куро-Ойясио и в зоне смешения вод Ойясио и Куро-Ойясио, является крупнейшей в Северной Пацифике (Chiba et al., 2010). Максимальные уловы СССР отмечались в 1970-е гг. и достигали 250 тыс. т, но в 1980-е гг. они резко снизились до 10–20 тыс. т. В 1990 г. отечественный лов скумбрии прекратился. Известно, что этот вид обладает значительной волатильностью запасов. Динамика биомассы тихоокеанской скумбрии характеризовалась максимумом в конце 70-х гг., достигнув 6 млн. т, после чего произошло резкое обрушение запаса в 1980 г. до 2 млн. т, а к 1990 г. — до 0,2–0,4 млн. т (рис. 16а). Снижение запасов произошло из-за ухудшения условий воспроизводства, что привело к низкой численности сеголеток (рис. 16а, б). Однако в последние годы, согласно данным специалистов Тихоокеанского филиала ВНИРО, отмечен резкий рост запасов. Учетная биомасса скумбрии в период нагула достигла 4 млн. т, что делает перспективы масштабного промысла этого вида вполне оптимистичными.

Представляется интересным сравнить динамику биомассы скумбрии с Тихоокеанской декадной осцилляцией. Так,

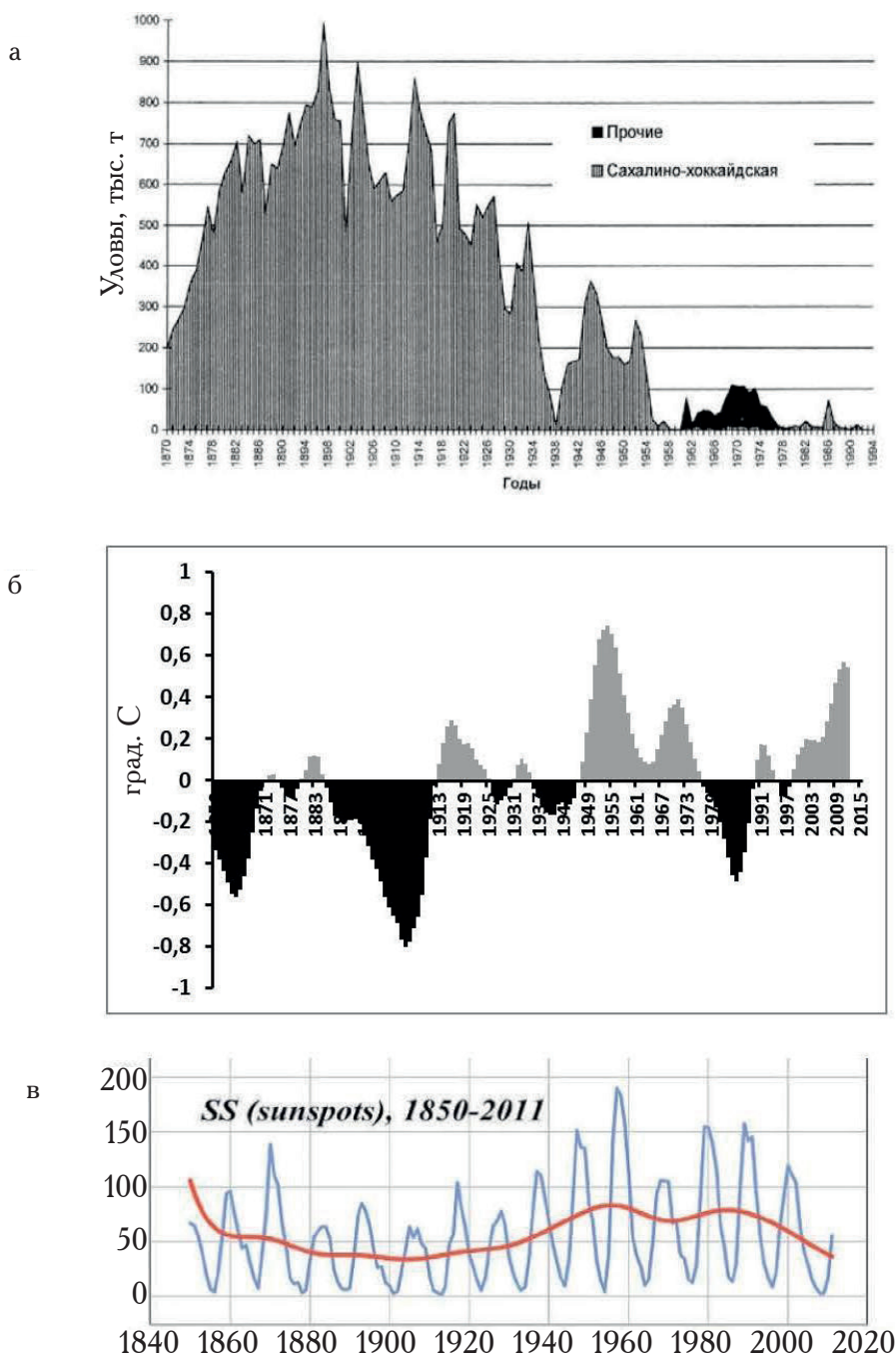


Рис. 15. Вылов сахалино-хоккайдской сельди (а); динамика АТПО, сглаженная 11-летним скользящим осреднением, в районе Курошио-Ойясио в январе—апреле 1854—2017 гг. (б); количество солнечных пятен (голубая линия) и вековые колебания солнечной активности (1860—1945 и 2010—2070 гг.) (красная линия) (Второй оценочный..., 2014) (в).

в 1970-е гг. (отрицательная фаза ТДО) отмечалась высокая урожайность поколений, а с 1980-х гг., при переходе к положительной фазе ТДО, сформировались малоурожай-

ные поколения, чередовавшиеся с редкими среднеурожайными поколениями. Эпоха потепления, длившаяся более 20 лет, скоро завершится. Все чаще стали отмечаться отри-

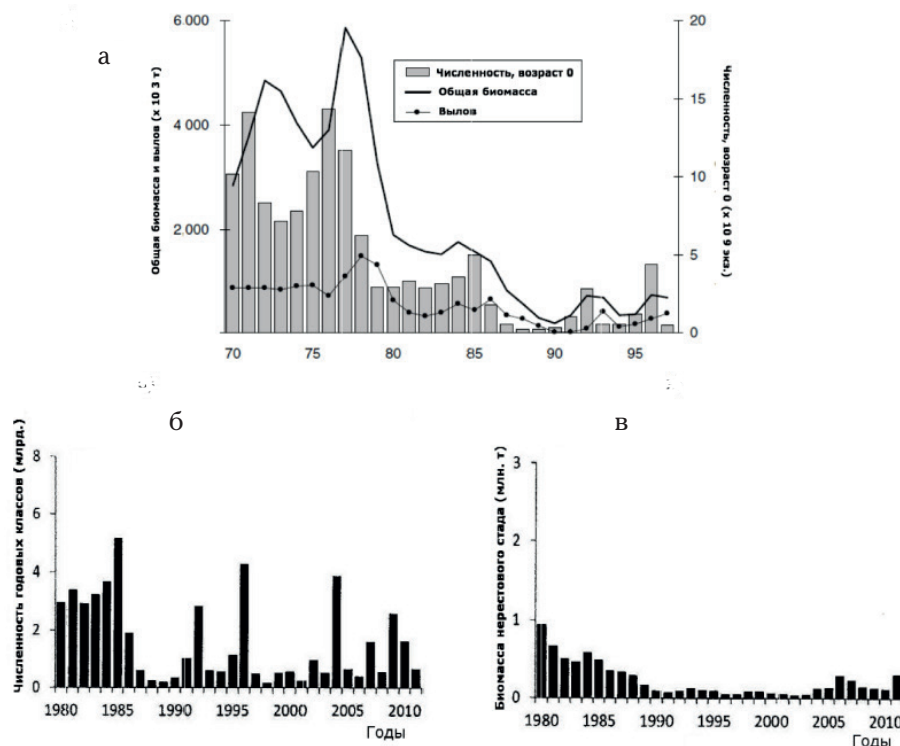


Рис. 16. Динамика биомассы, уловов и численности сеголеток тихоокеанской скумбрии (Watanabe, Yatsu, 2004) (а); численность годовых классов в 1980–2011 гг. (б) и биомасса нерестового стада (млн. т) в эти же годы (в) (Ogawa, Hiramatsu, 2015).

цательные АТПО в северо-западной части Тихого океана, что уже привело к появлению первых признаков нового роста нерестового запаса скумбрии, появившихся после 2004 г. (рис. 16в).

Еще одним фактором, влияющим на выживание поколений скумбрии, является взаимодействие вод Куроисио с прибрежными водами на основных нерестилищах скумбрии. В тех случаях, когда во время нереста ось Куроисио пересекает районы нерестилищ, его воды могут выносить значительную часть личинок, не перешедших на внешнее питание, за пределы шельфа в бедные пищей районы, где они погибают (Иванов, Беяев, 1996). В те годы, когда ось Куроисио располагается за пределами шельфа и нерестилищ, выживаемость резко возрастает.

Кроме того, на урожайность поколений скумбрии может оказывать влияние интенсивность течения Куроисио. В работе МакКола (MacCall, 2009) показано, что низкая

интенсивность течения благоприятствует выживаемости поколений мелких пелагических рыб в личиночной стадии. В 1950-е–1970-е гг., когда интенсивность течения Куроисио была низкой, численность и биомасса скумбрии находились на высоком уровне. Рост интенсивности течения после 1980 г., совпавший с потеплением, привел к снижению запасов этого промыслового вида.

Новое ослабление интенсивности течения Куроисио отмечено в конце первого десятилетия 2000-х годов. (Sugisaki et al., 2010), что привело к появлению высокоурожайных поколений скумбрии в период 2013–2018 гг.

Таким образом, основываясь на изменившихся климато-океанологических условиях, можно предполагать, что скоро начнется новая «скумбриевая эпоха», которая продлится не менее 20 лет. Общая биомасса запаса скумбрии в 2020-е–2030-е гг. может составить 6 млн. т. Это позволит России

добывать около 200 тыс. т тихоокеанской скумбрии.

Дальневосточная сардина

Дальневосточная сардина, или как ее обычно называют «сардина-иваси», является флуктуирующим видом, для которого характерны значительные изменения запасов. В периоды высокой численности ареал этого вида охватывает умеренные широты северной части Тихого океана от берегов Кореи и Японии до побережья США, а также субарктических вод Берингова и Охотского морей.

В XX в. были зафиксированы два периода высоких уловов сардины японскими рыбаками: в 1925–1941 гг., 1973–1994 гг. Если в первом случае вылов превысил 2,5 млн. т, то во втором достиг 4,5 млн. т. В период высокого уровня запасов дальневосточная сардина имела важное значение не только для японского промысла, но и для отечественного рыболовства. В 1990 г. был достигнут исторический максимум ее вылова — 0,9 млн. т (Беляев, 2004).

Многие исследователи связывают цикличность и квазисинхронность резких всплесков численности всех популяций сардины в Мировом океане с низкочастотными колебаниями климата, которым свойственна квазипериодичность в течение нескольких десятилетий (Кляшторин, Любушин, 2005; World-wide fluctuations ..., 1989; Kawasaki, 1993; Lluch-Cota et al, 1997; Alcheit, Bakun, 2010; Climate forcing and Kuroshio ..., 2013).

«Сардинные эпохи» возникают вследствие вступления в промысловую часть популяции непрерывной серии урожайных поколений, появившихся благодаря высокой выживаемости личинок и молоди в субтропических и смешанных водах (Беляев, Кеня, 1987; Ватанабе, 1981; Соколовская, 1988; Kawasaki, 1993; Noto, Yasuda, 1999; Nishikawa et al., 2011).

Механизм появления урожайных поколений авторами данной статьи подробно проанализирован в отдельной работе (Булатов и др., 2016). Аномальное усиление

в зимний период ветров северных и западных румбов сопровождалось развитием отрицательных АТПО и заглублением слоя конвективного перемешивания. Это привело к увеличению концентраций биогенных элементов в фотическом слое и резкому увеличению биопродуктивности субтропических вод в зимне-весенний период, создавая благоприятные условия для повышенной выживаемости личинок и формирования урожайных поколений сардины. В такой период в субтропических водах Кюросио устанавливается холодный «субарктический гидрометеорологический режим».

Тогда как в периоды аномального ослабления зимних ветров в субтропических водах, напротив, развиваются положительные АТПО и неглубокий перемешанный слой. Так формируется типичный «субтропический гидрометеорологический режим», при котором в фотическом слое концентрация биогенов, необходимых для высокой биопродуктивности вод, существенно ниже необходимого уровня. Развитие указанных гидрометеорологических режимов определяется региональными и глобальными климатическими изменениями.

Кроме АТПО, обнаружена связь между «сардинными эпохами» и Тихоокеанской декадной осцилляцией (ТДО). Обе всплески численности сардины, отмеченные в 1920-х — 1930-х гг. и 1970–1980-х гг., развивались по схожему сценарию на фоне преобладания положительной фазы ТДО (рис. 17а), которая сопровождалась формированием отрицательных аномалий температуры и снижением теплосодержания поверхностного слоя вод в пределах системы течений Кюросио-Ойясио (рис. 17б). В первой половине прошлого века положительная фаза ТДО продолжалась с 1922 по 1945 г., хотя резкое уменьшение значений ее индекса произошло уже в 1942 г., т.е. практически совпало с окончанием «сардинной эпохи» первой половины XX в. Новая положительная фаза ТДО установилась зимой 1976–1977 гг. и получила максимальное развитие в середине 1980-х гг. (рис. 17а).

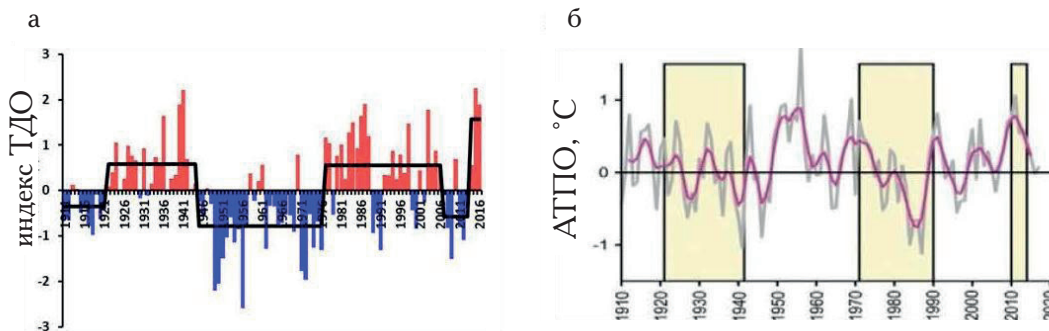


Рис. 17. Изменения индекса ТДО (январь-февраль) в 1911–2016 гг. (а) и среднезимняя (январь-апрель) АТПО в районе 35° – 40° с.ш., 150° – 180° в.д. (серая линия) со сглаженным 11-летним скользящим осреднением (фиолетовая линия) (б). «Сардинные эпохи» обозначены: горизонтальными линиями (а) и прямоугольниками (б).

Хотя положительная фаза ТДО, установившаяся зимой 1976–1977 гг., продолжалась до 2006 г., последняя «сардинная эпоха» закончилась гораздо раньше — в конце 1980-х гг. Ее окончание совпало с установлением нового климатического режима в северной части Тихого океана, сопровождавшегося резким потеплением вод в западной и центральной частях океана и установлением «субтропического гидрометеорологического режима».

С 2010 г. начался новый этап роста биомассы сардины, вызванный появлением урожайных поколений. Этот рост был связан с благоприятными абиотическими условиями для ее воспроизводства, обусловленными формированием отрицательных АТПО в зимние периоды 2010–2015 гг. к востоку от Японии. В результате, впервые за многие годы в экономической зоне России объем уценной нагульной сардины уже в 2016 г. составил около 2 млн. т (А. Байталоук, персональное сообщение).

Рост биомассы сардины в первой половине 2010-х гг. начался за несколько лет до установления положительной фазы ТДО в январе 2014 г. Схожие ситуации наблюдались в периоды развития «сардинных эпох» в 1920-е–1930-е гг. и 1970-е–1980-е гг. По аналогии с XX столетием можно было бы предположить, что в ближайшие годы произойдет переход высокой численности ряда последних поколений

сардины в новую эпоху ее высокой биомассы и уловов.

В обзорной работе, посвященной анализу причин изменчивости численности и биомассы сардины-иваси (Булатов и др., 2016), рост запасов сардины в 2010–2014 гг. рассматривается, как преддверие будущей «сардинной эпохи». Установление же новой «сардинной эпохи» авторы связывают с переходом к очередной отрицательной фазе 60-летнего цикла колебаний АТПО в Северной Пацифике в 2030-е гг. (рис. 18).

В настоящее время сложно предсказать длительность эпохи и величину роста запаса, но даже при умеренном росте, вылов России может составить не менее 300 тыс. т, начиная с 2020-х годов, и вновь достичь рекордных 800 тыс. т к 2035 г.

Норвежская весенне-нерестующая сельдь

Популяция норвежской весенне-нерестующей сельди — одна из крупнейших в северо-восточной Атлантике (СВА). Она обитает в Норвежском и Баренцевом морях. Биомасса ее общего запаса в «сельдевые эпохи» достигает 20 млн. т, а уловы — до 1,5–2,0 млн. т. История промыслового освоения и анализ влияния среды обитания на динамику запасов сельди неоднократно рассматривались в литературе (ICES, 2017; Krovnin, Rodionov, 1992; Nakken, 2008; Toresen, Ostvedt, 2000). Мониторинг запасов этого важного объекта промысла ведется

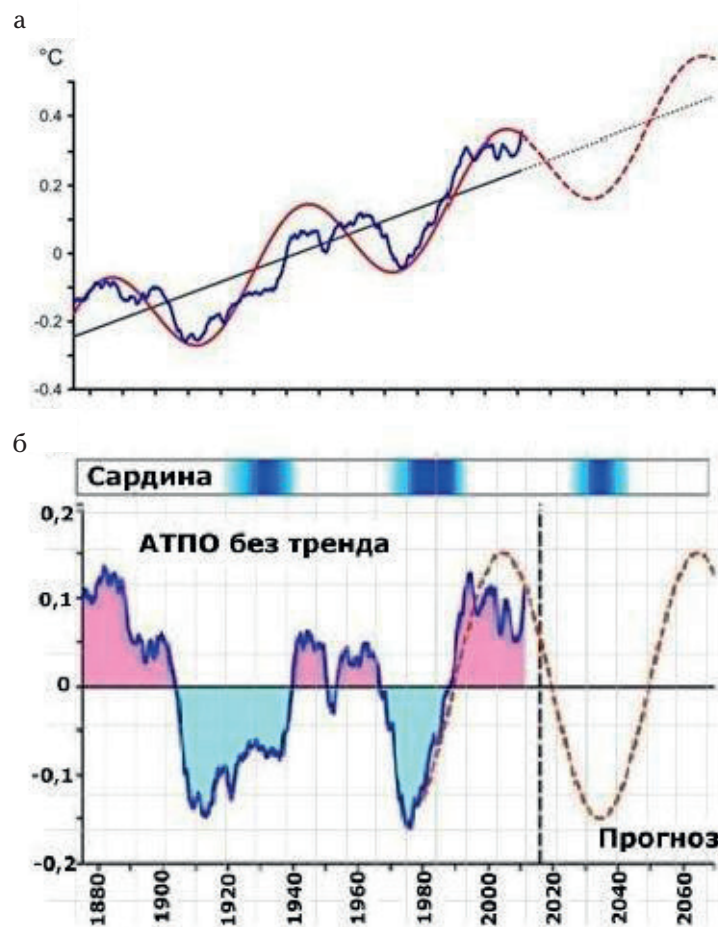


Рис. 18. АТПО с трендом (а) и после удаления тренда (б). АТПО (апрель—июнь) сглажены 11-летним скользящим осреднением.

на регулярной основе (Шамрай, 2017; ICES, 2017). Два периода высокой биомассы и высоких уловов, наблюдавшихся в 1920—1965 гг. и 1990—2016 гг., связаны с эпохами потепления.

Причинами длительного коллапса запасов сельди в 1970-х и первой половине 1980-х годов стало похолодание в 1963—1980-е гг. В этот период не появилось ни одного урожайного поколения. Два мощных по численности поколения, появившихся в 1991—1992 гг. обеспечили рост биомассы к 1999 г. до уровня более 5 млн. т. Многочисленные поколения 2002, 2004 гг. позволили биомассе нерестового запаса в 2008—2009 гг. вырасти до 7 млн. т (рис. 19).

В последующий период столь урожайных поколений не отмечалось, что и при-

вело к снижению запасов. Основной причиной низкой урожайности стало, вероятно, ухудшение условий дрейфа личинок от прибрежных нерестилищ у Западной Норвегии до южной части Баренцева моря и Медвежинско-Шпицбергенского района.

Период 1923—1994 гг. характеризовался довольно тесной связью между пополнением сельди и среднегодовой температурой воды на Кольском разрезе в слое 200—0 м ($r=0,56$) (рис. 20). Однако, начиная с 1995 г., наблюдавшаяся до этого устойчивая связь стала ослабевать, а с 2004 г. тенденции в изменении рассматриваемых характеристик стали противоположными. Учитывая, что положительная связь между температурой воды на Кольском разрезе и индексом САК была в эти годы высокой, можно полагать,

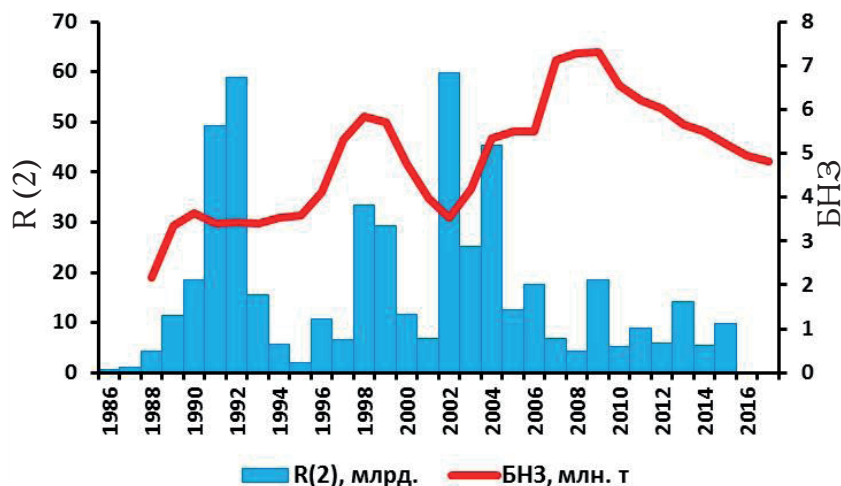


Рис. 19. Динамика биомассы нерестового запаса (БНЗ) весенне-нерестующей сельди и численность пополнения в возрасте 2 лет в 1986–2015 гг. (ICES, 2017). Годы на оси абсцисс соответствуют годам нереста.

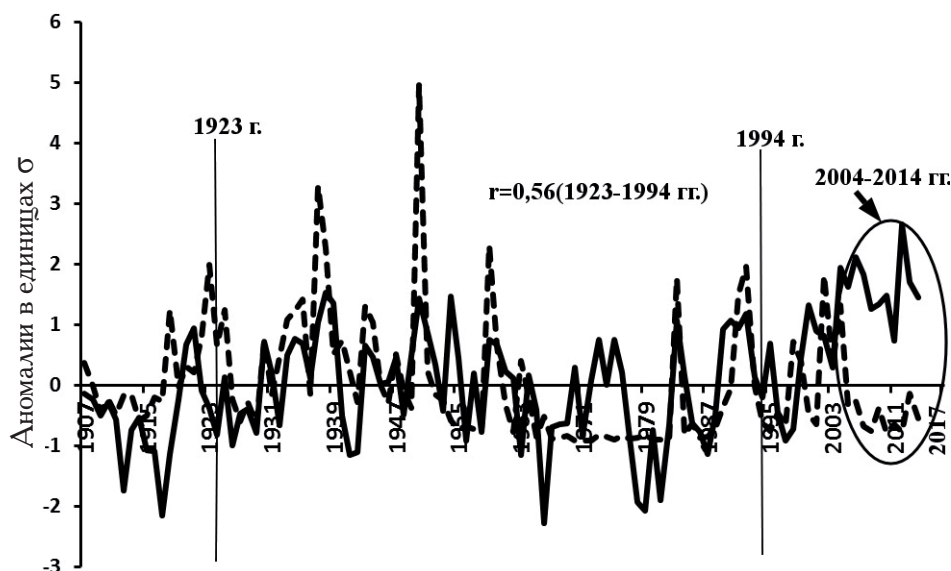


Рис. 20. Динамика аномалий среднегодовой температуры воды (0–200 м) (сплошная линия) на Кольском разрезе и пополнения сельди в возрасте 0+ за период 1907–2015 гг. (пунктирная линия).

что эти два фактора до 2004 г. были определяющими в формировании урожайных поколений. После 2004 г. связь между температурой и пополнением стала отрицательной, следовательно (рис. 20) указанные факторы перестали быть определяющими. Видимо, в 2004–2014 гг. выживаемость поколений сельди определялась другими факторами.

Успешность воспроизводства сельди в значительной степени зависит от интенсивности переноса вод и выноса личинок в юго-западную часть Баренцева моря. Выявлена тесная отрицательная связь ($r = -0,66$) между интегральными кривыми аномалий пополнения сельди в возрасте 0+ и среднего зимнего (январь–март) индекса скандинав-

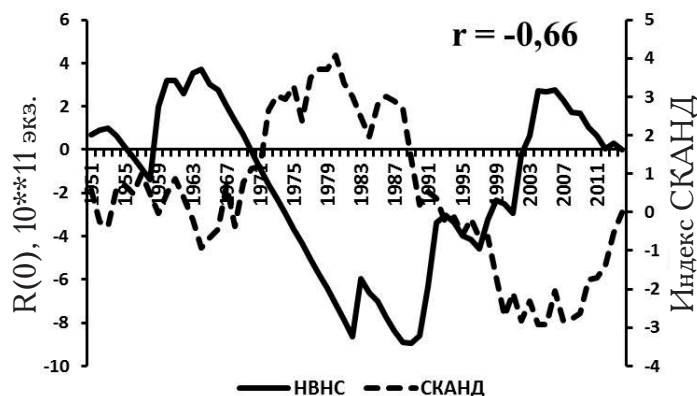


Рис. 21. Интегральные значения аномалий пополнения норвежской весенне-нерестующей сельди (НВНС) в возрасте 0+ и среднего зимнего индекса СКАНД в период 1951–2016 гг.

ской дальней связи (СКАНД). СКАНД имеет два основных центра противоположной полярности, расположенных, соответственно, над Скандинавским полуостровом и Западной Европой. Его положительной фазе соответствует развитие блокирующего антициклона над Скандинавией и области низкого давления над Европой (рис. 21). Аномальный восточный перенос в атмосфере на южной периферии антициклона замедляет прибрежные течения, которые выносят молодь сельди в Баренцево море, снижая, таким образом, успешность воспроизводства. Очевидно, повышенная частота формирования зимних антициклонов после 2005 г. стала одной из основных причин снижения численности пополнения сельди.

Если предположить, что современное потепление вод Норвежского и Баренцева морей продолжится до завершения положительной фазы АМО, то вплоть до середины 2020-х гг. транспорт личинок сельди останется ведущим фактором, определяющим урожайность ее поколений. При этом наблюдающаяся с 2007 г. повышенная повторяемость лет с положительной фазой СКАНД в зимне-весенний период будет способствовать появлению в основном неурожайных поколений сельди. Благоприятные условия для появления средних или урожайных поколений сельди будут формироваться в годы отрицательных индексов СКАНД и в теплую фазу АМО до середины 2020-х гг.

При переходе АМО к отрицательной фазе урожайность поколений сельди снизится. Видимо, вылов России в 2035 г. не превысит 100 тыс. т.

Треска

Треска Берингова моря. Вылов трески в Беринговом море рыбаками США и России в 1984–1998 гг. достигал уровня 300–350 тыс. т, но в 2000-е гг. снизился до 220–250 тыс. т.

В восточной части моря уловы находились на стабильно высоком уровне в 150–200 тыс. т и более на протяжении всего периода 1984–2008 гг. Динамика биомассы и урожайность восточно-берингоморской трески в период с 1977–2016 гг., до известной меры, сходна с динамикой восточно-берингоморского минтая. В конце 1970-х гг. биомасса отмечалась на самом низком уровне — 650 тыс. т, тогда как в 1980-е годы, после резкого роста запасов, достигла уровня 2,1 млн. т. В дальнейшем, начиная с 1990 г. наблюдалось неуклонное снижение биомассы трески, которое в 2008 г. достигло исторического минимума — 650 тыс. т. После чего вновь наблюдался стремительный рост биомассы, похожий на тот, который отмечался 30 лет назад. В 2016 г. биомасса достигла нового максимума и составила 1,85 млн. т.

Эти изменения биомассы связаны с различной численностью поколений, пополнявших промысловый запас. В 1980-е гг.

рост запаса был обусловлен рядом высокоурожайных поколений 1977–1984 гг. После малоурожайных поколений 1986 г. и 1987 г., запас снизился до 1,25 млн. т и его дальнейшее снижение связано со среднеурожайными поколениями, которые чередовались с малоурожайными. В 2001–2005 гг. низкоурожайные поколения обусловили снижение запаса в 2008 г. до уровня 1977 г. — 650 тыс. т.

Новая серия урожайных поколений появилась в отрицательную фазу ТДО во время похолодания и повышенной ледовитости моря в 2006–2013 гг. Тогда как в теплую фазу ТДО в 2014–2017 гг. отмечались только неурожайные поколения. С учетом ожидаемого восстановления отрицательной фазы ТДО в 2020-е и в начале 2030-х гг. при умеренном похолодании и средней ледовитости биомасса этой популяции останется на высоком уровне 1,5–2,0 млн. т, что приведет к расширению ареала и большей протяженности нагульных миграций, в том числе и в северную часть Берингова моря.

Северо-западная часть Берингова моря. В уловах отечественных рыбаков Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна треска имеет важное значение, занимая четвертое место после минтая, тихоокеанских лососей и сельди. В северо-западной части

моря (Наваринский район) обитает наиболее крупная популяция трески, уловы которой после максимума, отмеченного в 80-е годы, существенно снизились в 2000-х гг. (50–60 тыс. т). Однако, в последние годы вылов трески, в связи со стремительным ростом запасов, вновь существенно вырос, и достиг в 2018 г. 83 тыс. т.

Динамика изменчивости появления урожайных поколений характеризуется квазидекадными (порядка 15 лет) колебаниями численности. Изменения численности поколений трески в возрасте 1 год в северо-западной части Берингова моря в 1967–2015 гг. представлены на рисунке 23. Обращает на себя внимание резкий рост численности пополнения 2011–2015 гг. рождения. От 2010 к 2011 г. численность скачкообразно возросла с 284 до 3970 млн. экз., т.е. на один порядок, и сохранялась на высоком уровне в последующие годы. Появление высокоурожайных поколений привело к росту запасов, что отразилось на росте уловов и значениях уловов-на-усилие. По данным за период с 1967 по 2015 гг. численность пополнения показала хорошо выраженную изменчивость с максимумами в середине 1970-х, в начале 1990-х гг., а также в период 2011–2015 гг., т.е. с периодом колебаний 15–20 лет (см. рис. 23).

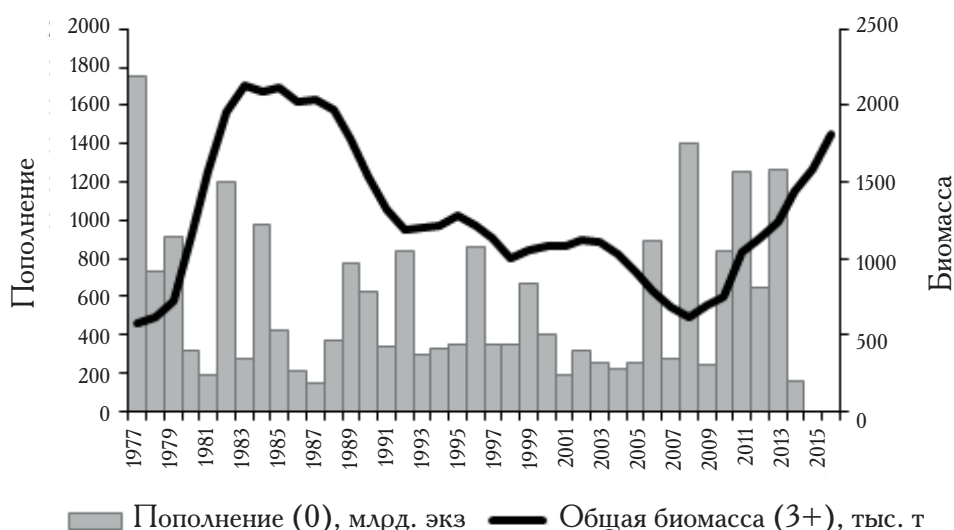


Рис. 22. Динамика пополнения и общей биомассы восточно-берингоморской трески (данные с сайта <https://www.beringclimate.noaa.gov/data/BCresult.php>).

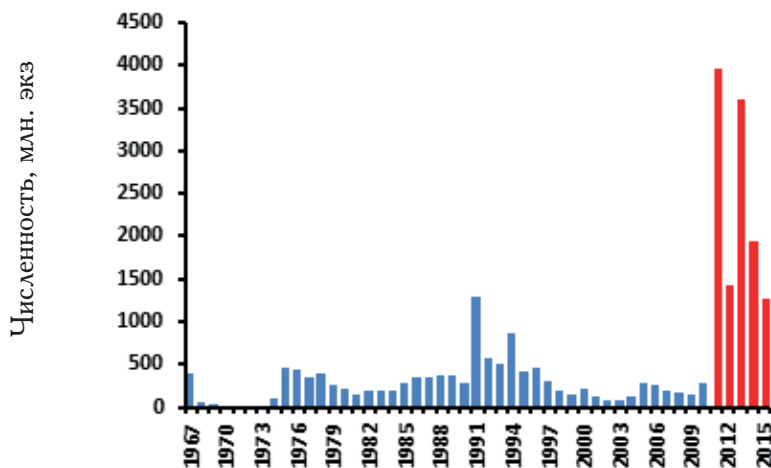


Рис. 23. Изменения численности пополнения трески в северо-западной части Берингова моря в возрасте 1 год. Годы на горизонтальной оси соответствуют годам нереста.

Расчет коэффициентов выживания (КВ) трески показал, что ее максимальные величины наблюдались в 1975–1976 гг. и в 2011–2013 гг. (Кровнин и др., 2017). Таким образом, успешность выживаемости поколений трески в период с 2011 по 2015 гг., несомненно, была высокой, но не являлась экстраординарной. Более того, в середине 1970-х гг. выживаемость поколений была даже выше, хотя численность пополнения в эти годы оказалась значительно ниже, чем в 2010-х гг. Различия, вероятно, связаны с исходной величиной биомассы нерестового запаса.

На рисунке 24 показано распределение значений средних зимних (январь–апрель) АТПО в годы с максимальными коэффициентами выживания трески северо-западной части Берингова моря. Оба периода характеризуются схожими, аномально холодными зимами в Беринговом море, предшествующими годам с высокой выживаемостью поколений трески. Таким образом, можно предположить, что аномально суровые зимы, отмеченные в северо-западной части Берингова моря в первой половине 2010-х гг., способствовали появлению урожайных поколений.

В работе А.С. Кровнина с соавторами (2017) показано, что условия воспроизводства трески тесно связаны с северным центром северо-тихоокеанского колебания,

располагающимся над Беринговым морем. В свою очередь, знак аномалий атмосферного давления в нем связан с фазой арктического колебания (АК) с задержкой в два года. Следовательно, условия среды для воспроизводства трески северо-западной части Берингова моря в значительной степени зависят от состояния арктического колебания, которое, как отмечалось выше, оказывает большое влияние на высокоширотные северные районы континентов и океанов (Thompson and Wallace, 1998; Xie et al., 1999). Таким образом, климатическая изменчивость в северо-западной части Тихого океана и прилегающих морях на временных масштабах от 8 до 15 лет связана с квазидекадными изменениями АК/САК, что, в свою очередь, определяет отмеченную выше квазидекадную изменчивость численности пополнения трески.

Выявленный характер изменчивости пополнения трески позволяет предположить, что период высокоурожайных поколений будет наблюдаться также и во второй половине 2020-х — начале 2030-х г. Соответственно, к 2035 г. биомасса трески северо-западной части Берингова моря достигнет высоких значений, что позволит нашим рыбакам нарастить вылов в этом районе до 200 тыс. т.

Треска Баренцева моря. Популяция северо-восточной арктической трески — крупнейшая по биомассе в Северной Атлан-

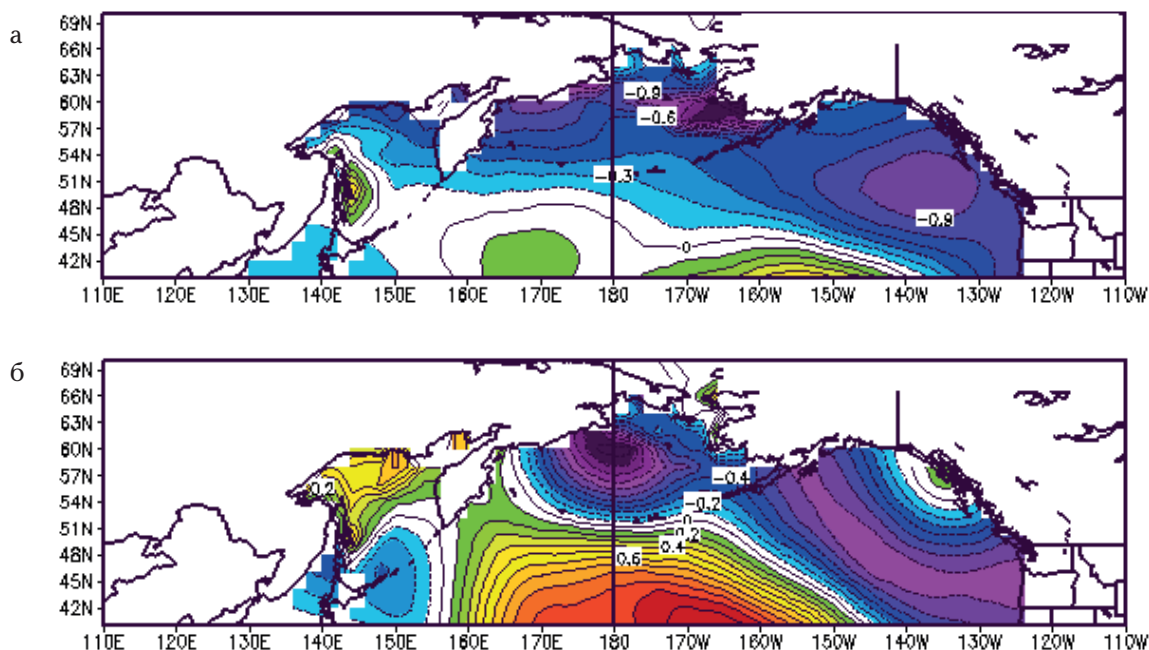


Рис. 24. Распределение АТПО (январь—апрель) в Северной Пацифике в годы с максимальными КВ трески северо-западной части Берингова моря: 1975–1976 (а) и 2011–2013 (б).

тике. Ее интенсивное освоение, а главное, изучение — ведется с начала XX в. (Треска..., 2003; Шамрай, 2017; The Barents Sea..., 2011; ICES, 2019). Динамика численности пополнения и, соответственно, общей биомассы, подвержены значительной межгодовой изменчивости. Так, после достижения максимума в середине 40-х гг. — начале 50-х гг. более 4 млн. т, в течение ряда лет происходило неуклонное снижение общего запаса, которое привело в 1982 г. к историческому минимуму — 0,7 млн. т. В дальнейшем отмечался неуклонный рост биомассы, который позволил запасам приблизиться к уровню 4,5 млн. т в 2012 г. (рис. 25). Таким образом, между максимумами общего запаса прошло 60 лет. Изменчивость запасов, связанная с чрезвычайно высокой изменчивостью урожайности поколений, привела к тому, что на протяжении 70-летнего периода наблюдений отмечалось 6-ти кратное изменение общей биомассы, обусловившее значительную волатильность уловов. Учитывая, что треска Баренцева моря является ключевым объектом промысла в Северном рыбохозяйственном

бассейне, изучение причинно-следственных связей и формирование прогноза запасов на перспективу являются важными задачами исследований.

Исследователями, занимавшимися изучением причин появления различных по численности генераций трески, установлено, что успешность воспроизводства зависит от термического режима, динамики вод и ветрового воздействия, тесно связанных с крупномасштабными климатическими процессами (Бондаренко и др., 2003; Бочков, Терещенко, 1992; Ижевский, 1961, 1964, 1967; Кляшторин, Любушин, 2005; Треска..., 2003; Ярыгина, 2006; Булатов, Васильев, 2018).

Учитывая выявленные связи, ожидается, что динамика запасов будет характеризоваться следующими особенностями: до 2020–2022 гг. снижение запасов будет продолжаться из-за высокой смертности старшевозрастных рыб и относительно малоурожайных (вследствие высокого каннибализма) поколений 2007–2013 гг. рождения. Благоприятные условия воспроизводства

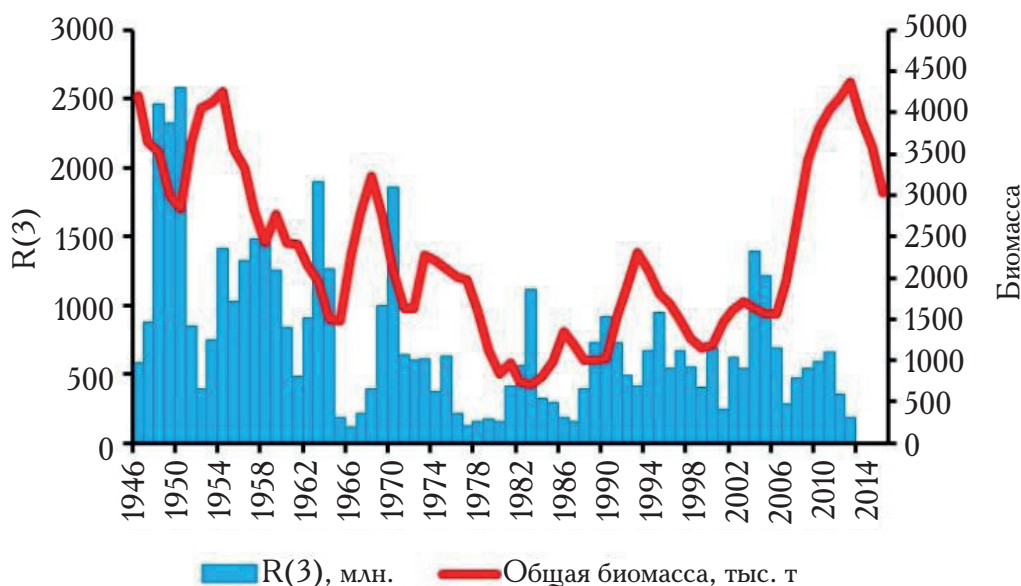


Рис. 25. Динамика общей биомассы северо-восточной арктической трески и численность пополнения в возрасте 3 лет в 1946–2017 гг. (по: ICES, 2019). Годы на оси абсцисс соответствуют годам нереста.

трески, наблюдавшиеся в 2016–2017 гг. обусловят высокую выживаемость этих поколений, которые, войдя в запас в 2022–2023 гг., задержат его снижение.

В дальнейшем, при наступлении в первой половине 20-х годов отрицательной фазы САК, возможно появление ряда рекордно урожайных поколений, которые обеспечат рост запасов к концу 2020-х гг. до высокого уровня. Однако, при установлении тенденции к росту индекса САК в конце 2020-х-начале 2030-х гг., урожайность поколений трески начнет снижаться, как это было во второй половине 1970-х гг. и начале 1980-х гг., что скажется на биомассе трески к 2035 г. Все вышеперечисленное приведет к снижению отечественного вылова трески до уровня 150–200 тыс. т.

Мойва

Баренцево и Норвежское моря.

Мойва является важным объектом промысла. Широкомасштабное освоение запасов мойвы началось в 1968 г., когда промыслом было изъято 0,5 млн. т. В дальнейшем отмечался неуклонный рост уловов и в начале 70-х — начале 80-х годов был достиг-

нут исторический максимум — 3 млн. т, из них на долю советских рыбаков пришлось 0,8 млн. т. В середине 80-х годов в связи с резким падением запасов наблюдалось отсутствие промысла. Затем, в отдельные годы вылов хоть и достигал 1 млн. т (рис. 26), но регулярно приходилось вводить мораторий на промысел в связи с катастрофически низкими запасами мойвы.

Мойва является арктическим, холодолюбивым видом. В силу ее многочисленности она занимает важное место в экосистеме Норвежского и Баренцева морей. Мойва — основной объект питания для многих хищников, в том числе для трески. Кроме того, мойва — важный компонент питания для млекопитающих и птиц. Поэтому резкие изменения численности этого вида, особенно катастрофическое снижение запасов (коллапс) оказывают негативное влияние на численность других видов-консументов (The Barents Sea..., 2011). Ежегодное потребление мойвы треской достигает внушительных объемов и изменяется от 0,8 до 3,9 млн. т, в зависимости от состояния их запасов. Остальные хищники потребляют еще около 1 млн. т. Некоторые авторы полагают

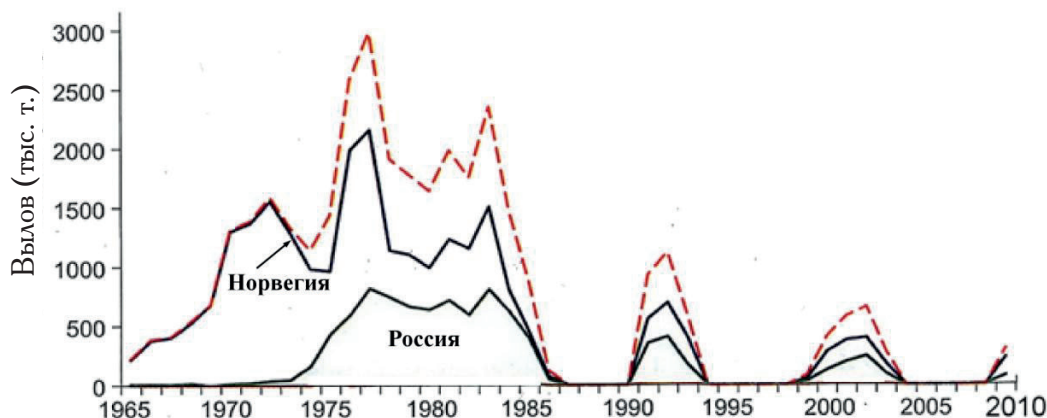


Рис. 26. Уловы мойвы в 1965–2009 гг. (The Barents Sea..., 2011). Пунктирной линией обозначен общий улов.

(The Barents Sea..., 2011), что изменчивость уловов и биомассы мойвы обусловлена трофическими причинами, а именно пищевым взаимодействием мойвы с сельдью, треской и пикшей. В частности, отмечалось, что коллапсы запаса, когда биомасса мойвы снижалась до 200 тыс. т и ниже, связаны с выеданием их личинок и сеголеток молодью высокоурожайных поколений трески, сельди и пикши в период ее обитания в южной части Баренцева моря.

Со второй половины 1980-х гг. отмечены четыре коллапса запаса мойвы: в 1985–1989; 1993–1997; 2003–2006; 2016–2017 гг. В другие годы общий запас изменялся от 2 до 6 млн. т, а в 1975 г. и 1991 г. превысил 7 млн. т. Нерестовый запас менялся от 0,2 до 3 млн. т. Высокие уловы мойвы отмечались в 1968–1984 гг., когда в Баренцевом море отмечалось похолодание вод, и в 1990–1991 г. Именно в эти годы сформировались рекордные по урожайности поколения мойвы, способствовавшие росту запасов до 7 млн. т. После 1997 г., с началом потепления, численность урожайных поколений снизилась в два раза. Следовательно, можно предположить, что похолодание вод в море создает благоприятные условия для нереста и выживания поколений мойвы.

В этой связи можно отметить высокую отрицательную статистическую связь ($r = -0,61$) между аномалиями уловов мой-

вы и индексом АМО в период 1965–2014 гг. (рис. 27).

Урожайные поколения сельди и трески в 1983 г. обусловили полное выедание урожайных поколений мойвы 1984–1987 гг. рождения. Второй коллапс запаса в 1993–1997 гг. был также связан с прессом урожайных поколений сельди и трески.

Заслуживает внимания появление непрерывной серии среднеурожайных поколений мойвы в период относительного похолодания 2008–2013 гг., со слабыми отрицательными АТПО (до минус 0,2–0,3°C) в Медвежинско-Шпицбергенском районе, где происходит основной нагул мойвы, а так-

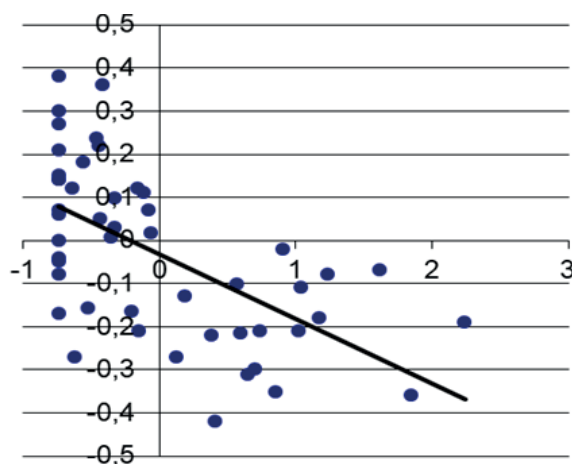


Рис. 27. Связь между аномалиями уловов мойвы (млн. т) и индексом АМО в 1965–2014 гг.

же в юго-западной части Баренцева моря, в районе нереста. На фоне продолжительного потепления это похолодание, по-видимому, способствовало формированию благоприятных кормовых условий для выживания отмеченных среднеурожайных поколений и, как следствие, увеличению запасов до 1,5–2,3 млн. т. Это позволило начать промысел в 2009–2012 гг. при установленном ОДУ 320–390 тыс. т. В 2013–2015 гг. вылов снизился с 200 до 65 тыс. т (рис. 28), а в 2018–2020 гг. прекратился вовсе.

Непродолжительный период улучшения состояния запасов мойвы связан не только с усилением негативного влияния пресса хищников, но и с изменением кормовых условий обитания мойвы. По мнению Д. В. Прозоркевича (2017), последний (четвертый) коллапс запаса в 2014–2016 гг. связан, во-первых, с резко возросшей естественной смертностью мойвы из-за потепления и изменения видового состава кормового зоопланктона, что привело к снижению темпа роста и жирности. И, во-вторых, с резким усилением потребления мойвы треской и пикшей после значительного снижения запаса сайки, являющегося традиционным объектом их питания. Автор полагает, что урожайные поколения сайки 2015 и 2016 гг. косвенно будут способствовать некоторому росту за-

паса мойвы, в связи с уменьшением пресса хищников.

Ожидаемый в середине 20-х годов переход к новой отрицательной фазе АМО, будет сопровождаться похолоданием вод в Северной Атлантике, а также в Норвежском и Баренцевом морях, что создаст благоприятные абиотические условия для воспроизводства мойвы. Не исключено, что к 2035 г. они будут схожими с условиями периода 1963–1995 гг., когда наблюдался исторически максимальный улов — 3 млн. т. С учетом того, что авторами настоящего сообщения ожидается к 2035 г. существенное сокращение запасов трески, следует предполагать существенное ослабление ее пресса на молодь мойвы.

Таким образом, сочетание абиотического фактора (похолодания) и биотического (пресса хищников) создает предпосылки для восстановления и роста запасов мойвы к 2035 г. до уровня 70-х–80-х гг. XX в. Это позволяет сделать оптимистичный прогноз и рассчитывать на увеличение отечественного вылова этой «народной рыбы» до 0,5 млн. т.

Скумбрия

Северо-восточная Атлантика. Согласно данным ИКЕС (ICES, 2017) биомасса скумбрии с 1980 по 2017 гг. дважды достигала высокого уровня — в 1980 г.

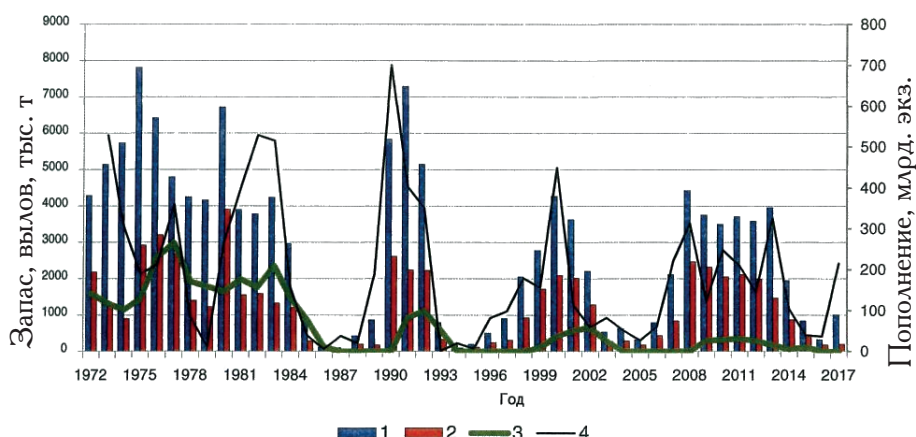


Рис. 28. Динамика общего (1), нерестового (2) запасов, вылов (3) и пополнение (4) мойвы в 1972–2016 гг. и прогноз на 2017 г. (Шамрай, 2017).

и в 2011–2015 гг. После достижения общего запаса уровня 6 млн. т, в течение 1981–1996 гг. наблюдалось его плавное снижение. После этого наступил период низкого уровня запасов (3,5 млн. т), который длился около 10 лет. А с 2007 г. наметившийся рост биомассы позволил вновь достичь уровня 6 млн. т.

Известно, что динамика запасов напрямую связана с численностью поколений. За период с 1980 по 2015 гг. самое неурожайное поколение отмечалось в 1983 г., а самые высокоурожайные — в 2002, 2006, 2014 гг. (рис. 29).

Оба периода высокого уровня численности пополнения тесно связаны с ослаблением субарктического круговорота и положительными аномалиями воды на нерестилищах. Так, с 2002 по 2014 гг. отмечен довольно продолжительный период положительных аномалий на банке Роколл, когда АТПО возросли до $0,4^{\circ}\text{C}$ (рис. 29). Оказалось, что периоды роста общего запаса связаны не только с потеплением вод на нерестилищах, но и с резким усилением транспорта теплых и высоко соленых вод на север в условиях ослабленного ветрового воздействия (Häkkinen et al., 2011), а также положительной фазой АМО. Следовательно, указанные факторы среды создают необходимые предпосылки для появления урожайных поколений скумбрии.

В 1970-е годы, наоборот, наблюдались отрицательные значения АТПО, усилилось ветровое воздействие, наступила отрицательная фаза АМО. Все это привело к появлению малоурожайных поколений и в дальнейшем вызвало снижение запасов.

Аналогичная ситуация сложилась в 1980-е — 1990-е гг., когда период низкого уровня общего запаса совпал с похолоданием на банке Роколл (региональный фактор) с отрицательной фазой АМО (глобальный фактор), а также с усилением циклонической активности в районе мест размножения, что в итоге негативно сказалось на выживаемости поколений (рис. 29, 30).

Согласно прогнозам, наступление периода отрицательной фазы АМО ожидается с середины 2020-х гг. (Бойцов, 2008). Следовательно, до середины 2025 г., пока не наступит отрицательная фаза АМО можно ожидать появление урожайных поколений скумбрии, что позволит запасам не снижаться. Однако отрицательная фаза АМО повлечет за собой снижение численности поколений и снижение запасов во второй половине 2020-х гг. и в 2030-е гг. Указанные обстоятельства негативно повлияют на перспективы отечественного промысла скумбрии, что приведет к снижению вылова, как минимум, в два раза по сравнению с современным уровнем.

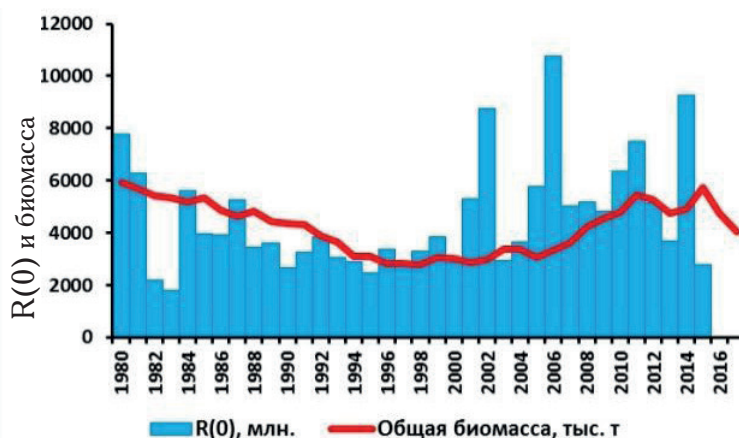


Рис. 29. Динамика общей биомассы скумбрии и численность пополнения в 1980–2017 гг. (ICES, 2017). Годы на оси абсцисс соответствуют годам нереста.

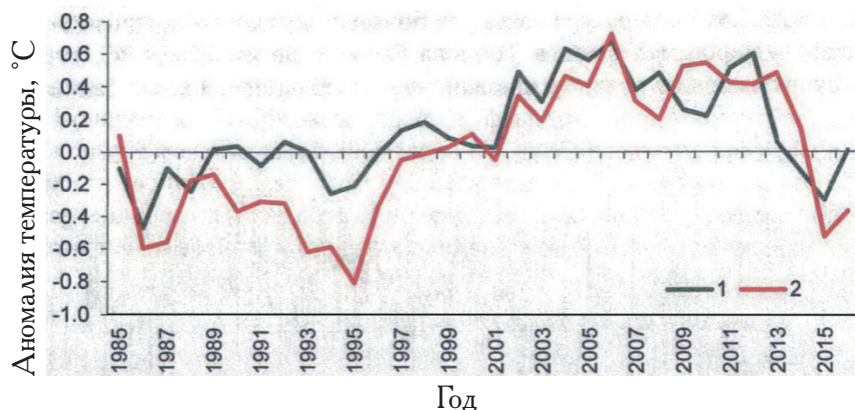


Рис. 30. Аномалия температуры воды слоя 0–200 м на разрезе по 53° с.ш. к западу от банки Поркюпайн (1) и поверхностного слоя в районе банки Роккол, 55–60° с.ш., 15–20° з.д. (2) в марте-апреле 1985–2016 гг. (Шамрай, 2017).

Путассу

История промысла и изучения этого вида относительно небольшие — с конца 1960-х — начала 1970-х гг. (Зиланов, 1984). Максимальные уловы в 2,5 млн. т, полученные в 2003 и 2004 гг. (рис. 31), свидетельствуют о том, что по величине уловов — это один из крупнейших мировых запасов, который эксплуатируют 15 стран.

Динамика общего запаса путассу характеризуется тремя периодами высокого уровня: в 70-е годы, 2001–2005 гг. и 2014–2017 гг. (рис. 32).

Период низкого уровня запаса в 1980-х — первой половине 1990-х гг. вы-

зван чередой неурожайных поколений и связан с резким усилением субарктического круговорота в Северной Атлантике. В результате, на нерестилищах формировались «субарктические» условия (с холодными и распресненными водами), которые неблагоприятны для воспроизводства путассу (Engelhard, Gode, 2008; Hátun, Payne, 2009; Huse et al., 2015; Payne et al., 2012).

Затем наступил период благоприятных условий для воспроизводства. Так, в 1996–2003 гг., как и в 1960-е — начале 1970-х гг., размножение протекало в теплых и соленых субтропических водах, что привело к резко возросшей выживаемости

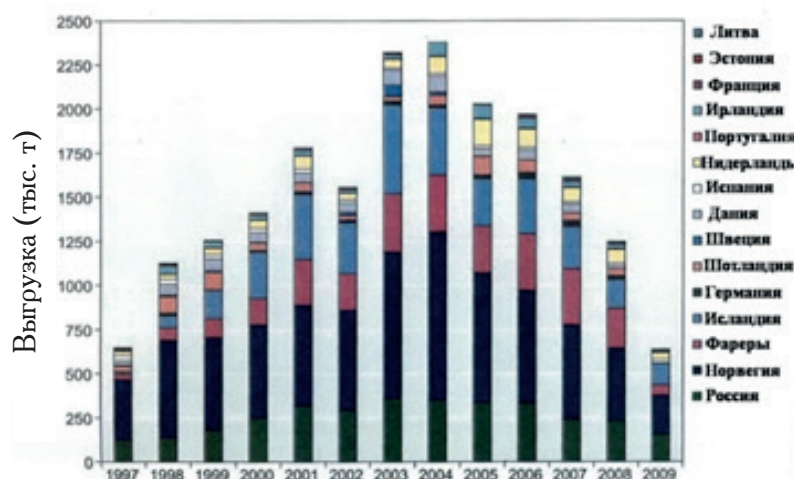


Рис. 31. Уловы путассу в 1997–2009 гг. (The Barents Sea..., 2011).

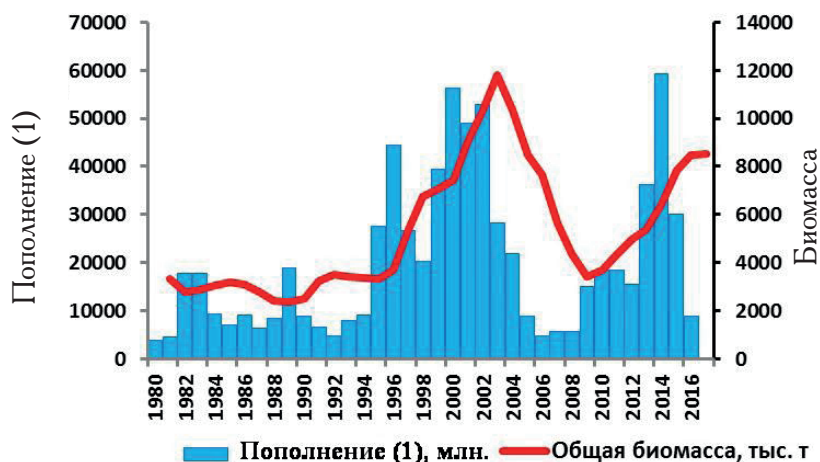


Рис. 32. Динамика общей биомассы путассу и численность пополнения в возрасте 1 год (ICES, 2017). Годы на оси абсцисс соответствуют годам нереста.

молоди и формированию урожайных и рекордно урожайных поколений 1997, 1999–2002; 2015 гг. рождения (рис. 32). Основные причины появления высокоурожайных поколений проанализированы в работах по изменению основных климатических режимов в Северной Атлантике (Häkkinen et al., 2011). Оказалось, что высокая выживаемость молоди путассу была связана с потеплением вод на нерестилищах, усилением транспорта теплых и высокосоленых вод на север и ослаблением ветрового воздействия. Кроме того, в эти годы был ослаблен субарктический круговорот.

Тогда как в 1981–1996 гг. в Северной Атлантике, напротив, наблюдалось похолодание вод, их распреснение и усиление ветровой активности. В совокупности именно эти же процессы обусловили снижение выживаемости поколений и привели к резкому снижению запасов (рис. 33).

Кроме влияния абиотических факторов, некоторые авторы полагают, что низкая урожайность путассу в 2005–2012 гг. могла быть обусловлена пространственным совпадением ее нерестилищ и нерестилищ скумбрии (Huse et al., 2015). В результате такого перекрытия, поколения путассу в эти годы были выедены скумбрией, численность которой резко возросла после 2000 г.

В 2009–2012 гг. численность поколений несколько повысилась, а в 2013–2015 гг. появились урожайные поколения, которые обеспечили рост запаса путассу и рост уловов до 1,2 млн. т в 2016–2017 гг. (Шамрай, 2017).

В связи с прогнозируемым наступлением отрицательной фазы АМО в середине 2020-х гг., начиная с 2030 г. следует ожидать существенного снижения запасов путассу, возможно, до уровня 1980-х годов (около 1,5–1,8 млн. т), что неизбежно приведет к снижению квоты России.

Пикша

Нерестовый запас северо-восточной арктической пикши в 1950–2018 гг. изменялся весьма значительно — от 50 тыс. т в 1985 г. до 604 тыс. т в 2013 г., т.е. более чем в 12 раз (рис. 34). Численность поколений в возрасте 3 года колебалась в значительно более широких пределах — от 9,2 млн. рыб в 1978 г. до 1200 млн. рыб в 2005 г., т.е. наиболее богатое поколение превосходило самое бедное поколение в 130 раз. При этом в появлении наиболее урожайных поколений прослеживается 15–19-летняя цикличность.

У северо-восточной арктической пикши хорошо выражена связь выживаемости

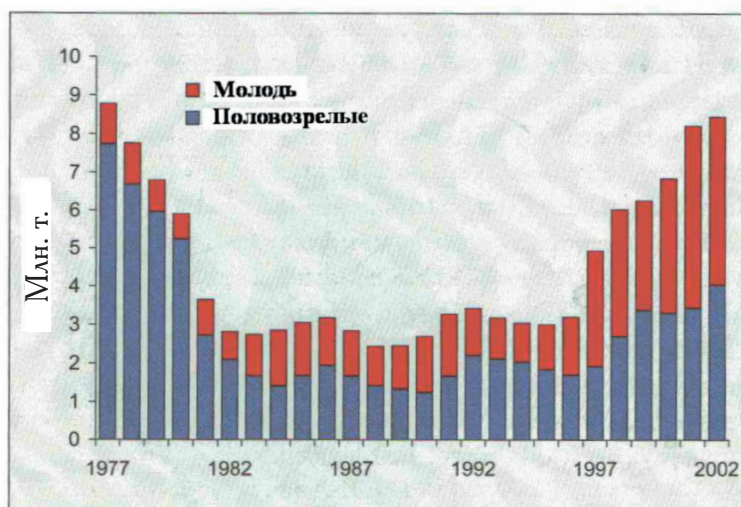


Рис. 33. Динамика общего запаса путассу в Северной Атлантике, 1977–2002 гг. (The Norwegian Sea ..., 2004).

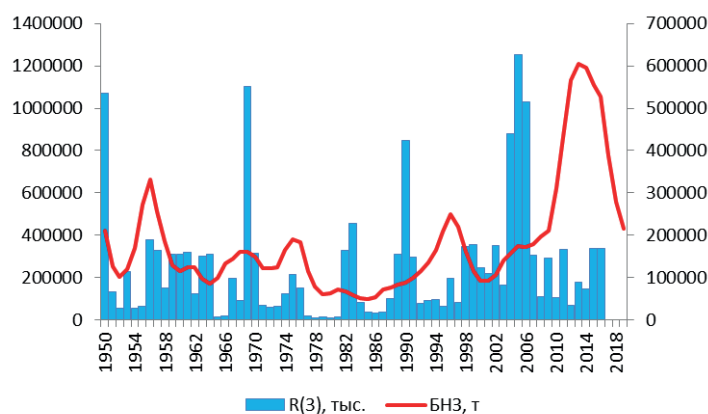


Рис. 34. Динамика биомассы нерестового запаса (БНЗ) пикши и численность пополнения в возрасте 3 лет ($R(3)$) в 1950–2018 гг. (по: ICES, 2019). Годы на оси абсцисс соответствуют годам нереста.

мости поколений с температурой воды. Так, совместный анализ 16 временных рядов различных климатических индексов и временного ряда коэффициентов выживания (КВ) пикши методом главных компонент за период 1951–2006 гг. показал, что ее выживаемость в значительной степени обуславливается термическими условиями в год нереста как во всей Северо-Восточной Атлантике ($r=0,60$; $p<0,05$), так и в Баренцевом море — коэффициент корреляции со среднегодовой температу-

рой воды на Кольском разрезе составил 0,57 ($p<0,05$).

Связь между коэффициентами выживания пикши и изменениями температуры воды на указанном разрезе оказывается даже выше, если использовать временной ряд температурных аномалий, осредненных за 4 года:

$$\Delta T_{\text{ср.}, i} = \Delta T_{i-1} + 2 \times \Delta T_i + 2 \times \Delta T_{i+1} + \Delta T_{i+2},$$

где ΔT_i — среднегодовая аномалия температуры воды в слое 0–200 м на Кольском

разреze в год нереста (рис. 35). Чтобы сделать кривые, представленные на рисунке 35, сравнимыми, аномалии коэффициентов выживания были сглажены по формуле:

$$\Delta KB_{\text{сгл.}, i} = 4 \times \Delta KB_i + \Delta KB_{i+1} + \Delta KB_{i+2},$$

где i — год нереста. Коэффициент корреляции между двумя характеристиками составляет 0,64 ($p < 0,05$) для всего периода (1951–2004 гг.) и 0,74 ($p < 0,01$) для периода 1970–2004 гг. Таким образом, мощность годового класса пикши в значительной мере определяется термическими условиями на протяжении первых трех лет ее жизни.

Связь мощности поколений пикши с температурными показателями оказывается даже выше, если использовать интегральные кривые аномалий рассматриваемых характеристик (рис. 36).

Очевидно, что температурные условия в период раннего онтогенеза пикши (первый теплый сезон жизни) являются критическими для ее выживания. Для оценки характеристик теплого сезона (сроки начала и окончания, продолжительность) в год нереста использованы еженедельные карты ТПО в Северо-Восточной Атлантике, построенные во ВНИРО на основе спутниковых данных. Время начала и окончания теплого сезона оценивалось по датам, когда изотерма 6°C пересекала 70° с.ш. на мери-

диане $17^\circ 30'$ в.д. (Норвежское море) при ее движении соответственно на север и на юг. Продолжительность теплого сезона соответствовала периоду ее пребывания севернее 70° с.ш. Получена высокая статистически значимая положительная связь коэффициентов выживания пикши с продолжительностью теплого сезона и датой его окончания. Соответствующее уравнение множественной линейной регрессии имеет вид:

$$KB_i = -2618,53 + 26,0017 \times X_{1,i} + 4,879 \times X_{2,i} \quad (R^2=0,81),$$

где KB_i — коэффициент выживания пикши в год нереста i ; $X_{1,i}$ — дата окончания теплого сезона, рассчитываемая в днях от 1-го ноября соответствующего года; $X_{2,i}$ — продолжительность теплого сезона (дни).

Полученное уравнение использовалось для прогноза численности трехгодовиков пикши в 2010–2013 гг. и, соответственно, мощности ее поколений 2007–2010 годов рождения (рис. 37). Оправдываемость прогноза оказалась высокой. Безусловно, для краткосрочного прогноза численности поколений пикши работы в данном направлении должны быть продолжены.

Для прогноза численности и биомассы северо-восточной арктической пикши на более длительный период (до 2035 г.) можно воспользоваться отмеченной выше перио-

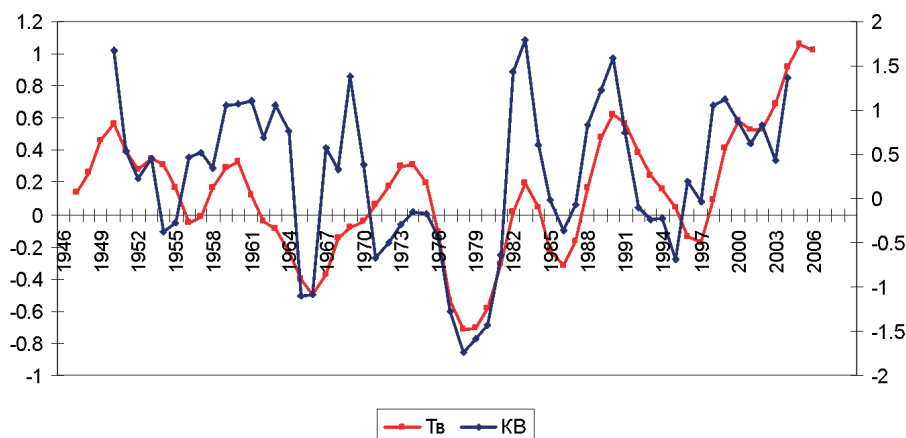


Рис. 35. Изменения аномалий температуры воды (T_v) (0–200 м) на Кольском разрезе и коэффициентов выживания (KB) (экз./т) северо-восточной арктической пикши.

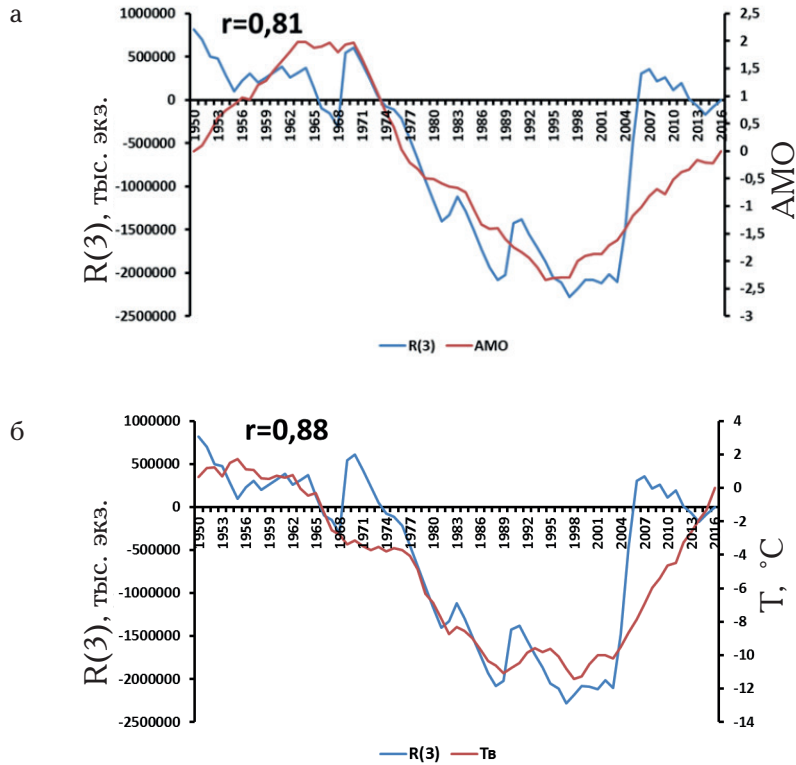


Рис. 36. Интегральные кривые аномалий численности пополнения пикши в возрасте 3 года и среднего зимнего индекса АМО (а); средних зимних аномалий температуры воды (0–200 м) на Кольском разрезе (б).

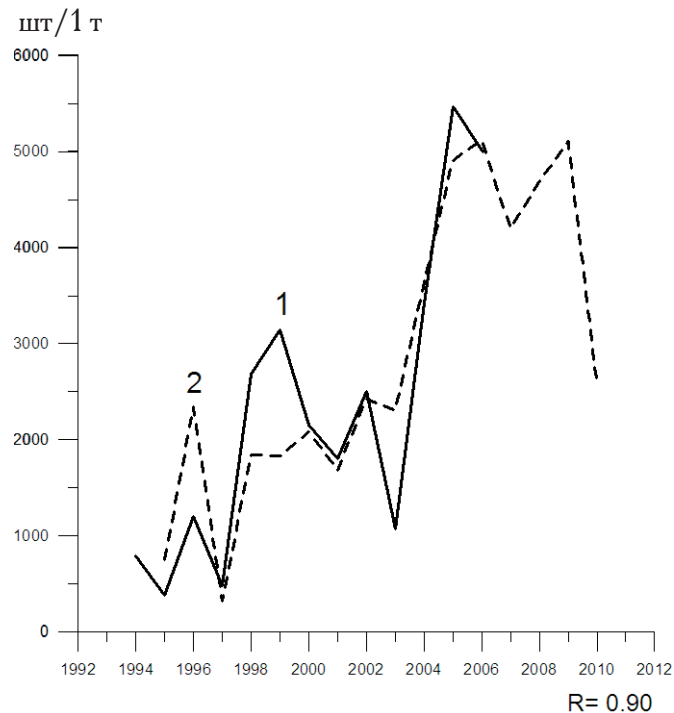


Рис. 37. Фактические (1) и рассчитанные (2) значения коэффициентов выживания северо-восточной арктической пикши.

дичностью появления ее урожайных поколений, а также результатами, показанными на рисунке 36. Можно ожидать, что следующее после 2005 г. высокоурожайное поколение пикши появится в первой половине 2020-х гг., которое приведет к соответствующему росту биомассы запаса через 6—7 лет. Вместе с тем, переход к отрицательной фазе АМО, ожидаемый во второй половине 2020-х гг. обусловит снижение численности поколений и, в конечном итоге, биомассы пикши к середине 2030-х гг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные исследования показали, что промысловые виды рыб по-разному реагируют на изменчивость климата. Для наиболее значимого объекта отечественного рыболовства — минтая, благоприятными для успешного воспроизводства в Беринговом и Охотском морях являются периоды положительных аномалий температуры, тогда как высокие значения биомассы в южных районах обитания минтая отмечались в периоды похолодания. Отсюда следует, что к 2035 г. в связи с ожидаемым похолоданием, вылов в северных районах существенно сократится, а в южных, наоборот, возрастет.

Весьма значимы в структуре современного российского вылова тихоокеанские лососи, среди которых ключевую роль играет горбуша. Установленные связи с климатическими параметрами ТДО показали, что периоды высоких уловов совпали с периодами положительных аномалий. Несмотря на рекордный улов лососей в 2018 г. — 676 тыс. т, в перспективе уловы этой группы ценных видов в связи с ожидаемым похолоданием значительно снизятся.

Потери рыбаков Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна, связанные со снижением запасов минтая и тихоокеанских лососей, составят по экспертным оценкам около 1 млн. т.

Ожидаемое похолодание окажет благоприятное влияние на успешность воспроизводства японской скумбрии, сардины-

иваси, сахалино-хоккайдской сельди, трески Берингова моря и сельди Охотского моря, что позволит дальневосточным рыбакам полностью компенсировать потери, при условии переориентирования промысла на другие объекты лова.

В Северо-Восточной Атлантике прогноз изменения запасов промысловых рыб к 2035 г. также основан на ожидаемом похолодании. Для ключевых объектов отечественного рыболовства прогноз пессимистичен. Установленные связи между изменениями климата и динамикой запасов показали, что похолодание окажет негативное воздействие на успешность воспроизводства трески, пикши, путассу, скумбрии, сельди. Суммарные потери для рыбаков Северного рыбохозяйственного бассейна по экспертным оценкам составят около 0,5 млн. т. Однако ожидаемое похолодание положительно скажется на запасах мойвы, которые начнут восстанавливаться с середины 20-х годов, а максимума достигнут к 2035 г., что позволит значительно компенсировать потери в вылове.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Беляев В.А. Экосистема зоны течения Куроисио и ее динамика // Хабаровск. Хабаровское книжное издательство. 2004. 383 с.
- Беляев В.А., Кеня В.С. Состояние запасов и условия воспроизводства дальневосточной сардины в северо-западной части Тихого океана / Биологические ресурсы открытого океана. М.: Наука. 1987. С. 225—237.
- Бенко Ю.К., Ёлкин Е.Я., Фархутдинов Р.К. Биология, жизненный цикл и динамика численности охотской сельди // Проект «Моря». Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. 9. Охотское море. Санкт-Петербург: Гидрометеиздат. Вып. 2. 1993. С. 121—125.
- Бирман И.Б. Гелиогидробиологические связи как основа для долгосрочного прогнозирования промысловых рыб (на при-

мере лососей и сельди) // *Вопр. ихтиологии*. 1973. Т. 13. Вып. 1. С. 23–37.

Бирман И.Б. О сходстве в динамике численности канадской сёмги *Salmo salar* L. и амурской осенней кеты *Oncorhynchus keta* (Walb.) // *Вопр. ихтиологии*. 1978. Т. 18. Вып. 4 (111). С. 763–766.

Бирман И.Б. Долгопериодные колебания численности дальневосточной кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) и факторы, их определяющие // *Матер. I Междунар. совещ. по биол. тихоокеан. лососей*. М.: ВНИРО. 1980. С. 54–67.

Бойцов В.Д. Долгопериодные колебания температуры воздуха в Северной Атлантике и Северо-Европейском бассейне / В.Д. Бойцов // *Известия РГО*. 2008. Т. 140. Вып. 2. С. 6–11.

Бондаренко М.В., Кровнин А.С., Серебряков В.П. Ранжирование урожайности поколений и коэффициентов выживания поколений в раннем онтогенезе промысловых рыб Баренцева моря для определения биологических ориентиров и оценки изменчивости среды // М.: Изд-во ВНИРО. 2003. 188 с.

Бочков Ю.А., Терещенко В.В. Современные многолетние изменения гидрометеорологических условий в Баренцевом море и их биологические последствия // *Экологические проблемы Баренцева моря: Сб. научн. трудов ПИНРО*. Мурманск: Изд-во ПИНРО. 1992. С. 225–243.

Булатов О.А. Освоение запасов и среднесрочные перспективы промысла минтая Охотского и Берингова морей // *Рыбн. хоз-во*. 2003. № 5. С. 30–33.

Булатов О.А. Промысел и запасы минтая: возможна ли турбулентность? // *Вопр. рыболовства*. 2014. Т. 15. № 4. С. 350–390.

Булатов О.А., Васильев Д.А. Новые подходы в оценке и прогнозе запасов северо-восточной арктической трески с привлечением промыслово-статистических и климатических данных // *Вопр. рыболовства*. 2018. Т. 19. № 1. С. 34–41.

Булатов О.А., Котенев Б.Н. Промысел и динамика запасов минтая Охотско-

го моря: прошлое, настоящее, будущее // *Рыбн. хоз-во*. 2010. № 6. С. 53–55.

Булатов О.А., Котенев Б.Н., Кровнин А.С. О перспективах новой «сардинной эпохи» в северо-западной части Тихого океана // *Вопр. рыболовства*. 2016. Т. 17. № 4. С. 385–405.

Ватанабе Т. Выживаемость японской сардины на ранних стадиях развития. *Изв. ТИНРО*. 1981. Т. 105. С. 92–107.

Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях ... Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. М.: Росгидромет. 2014. 1004 с.

Давыдов И.В. Динамика уловов западнокамчатской горбуши в связи с долгопериодной изменчивостью гидрометеорологических условий // *Известия ТИНРО*. 1977. Т. 101. С. 18–24.

Давыдов И.В. К вопросу о долгосрочном рыбохозяйственном прогнозировании в дальневосточных морях // Долгопериодная изменчивость условий природной среды и некоторые вопросы рыбопромыслового прогнозирования. Сборник научных трудов. М.: ВНИРО. 1989. С. 153–177.

Зиланов В.К. Путассу Северной Атлантики // *Изд. Легкая пищ. пром.* Москва, 1984. 159 с.

Иванов А.Н., Беляев В.А. Долгопериодные флюктуации тихоокеанской популяции скумбрии // *Рыбн. хоз-во*. 1996. № 3. С. 19–22.

Ижевский Г.К. Океанологические основы формирования промысловой продуктивности морей. М.: Пищепромиздат, 1961. 216 с.

Ижевский Г.К. Системная основа прогнозирования океанологических условий и воспроизводства промысловых рыб. М.: Изд-во ВНИРО, 1964. 166 с.

Ижевский Г.К. Системная основа прогнозирования океанологических условий и воспроизводства промысловых рыб // *Труды ВНИРО*. Т. LXII. 1967. С. 20–32.

Качина Т.Ф., Сергеева Н.П. Динамика численности восточноохотоморско-

- го минтая // Экология, запасы и промысел минтая. Владивосток: ТИНРО. 1981. С. 19–27.
- Кляшторин Л.Б., Любушин А.А. Циклические изменения климата и рыбопродуктивности / М: ВНИРО. 2005. 235 с.
- Кровнин А.С., Котенев Б.Н., Кловач Н.В. 2016. Связь «лососевых эпох» в дальневосточном регионе с крупномасштабными изменениями климата в Северной Падифике // Труды ВНИРО. 2016. Т. 164. С. 22–40.
- Кровнин А.С., Антонов Н.П., Котенев Б.Н., Мурый Г.П. Влияние климата на квазидекадные изменения численности поколений трески северо-западной части Берингова моря. // Труды ВНИРО. 2017. Т. 169. С. 37–50.
- Котенев Б.Н., Кровнин А.С., Масленников В.В. и др. Перспективы развития мирового рыболовства в связи с изменением климата // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета № 48. Научно-теоретический журнал. СПб.: РГГМУ. 2017. С. 167–185.
- Лобода С.В. Основные результаты исследования тихоокеанской сельди в Охотском море в 2002–2006 гг. // Изв. ТИНРО. 2007. Т. 150. С. 102–110.
- Мохов И.И., Смирнов Д.А. Оценка вклада атлантической мультидекадной осцилляции и изменений атмосферного содержания парниковых газов в тренды приповерхностной температуры по данным наблюдений. Доклады Академии наук. 2018. Т. 480. № 1. С. 97–102.
- Науменко Н.И. Биология и промысел морских сельдей Дальнего Востока. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор, 2001. 330 с.
- Овсянников Е.Е., Овсянникова С.Л., Шейбак А.Ю. Динамика и структура запасов минтая в северной части Охотского моря в 2000-е годы // Известия ТИНРО. 2013. Т. 172. С. 133–148.
- Панфилов А.М. К вопросу о минимальной промысловой мере на охотскую сельдь // Труды ВНИРО. 2006. Т. 146. С. 247–252.
- Панфилов А.М. Проблема сохранения запасов охотской сельди // Вопр. рыболовства. 2009. Т. 10. № 2 (38). С. 292–303.
- Прозоркевич Д.В. Мойва // Состояние сырьевых биологических ресурсов Баренцева моря и Северной Атлантики в 2017 г. / Отв. ред. Шамрай Е.А. Мурманск: ПИНРО. 2017. С. 35–39.
- Родионов С.Н., Кровнин А.С. Влияние термических условий на численность восточноберинговоморского минтая // Рыбн. хоз-во. 1991. № 3. С. 21–24.
- Сидоренков Н.С., Сумерова К.А. Синхронизация вариаций атмосферной циркуляции лунно-солнечными приливами и возможности долгосрочных прогнозов погоды // Вопр. промысл. океанологии. 2010. Вып. 7. № 1. С. 93–109.
- Смирнов А.В. Влияние некоторых биотических и абиотических факторов на выживаемость охотоморского минтая в раннем онтогенезе. // Вопр. рыболовства. 2005. Т. 6. № 2 (22). С. 278–297.
- Соколовская Т.Г. Ихтиопланктон системы течения Курисио и прогнозирование тенденций изменения численности основных промысловых рыб // Изменчивость состава ихтиофауны, урожайность поколений и методы прогнозирования запасов рыб в северной части Тихого океана. Владивосток. ТИНРО. 1988. С. 70–76.
- Треска Баренцева моря: биология и промысел. Бойцов В.Д., Лебедь Н.И., Пономаренко И.Я и др. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2003. 206 с.
- Тюрнин Б.В. Структура нерестовой популяции сельди северо-западной части Охотского моря и биологические основы прогнозирования улова. Автореф. дисс. канд. биол. наук: 03.00.08. Владивосток: ТИНРО-Центр. 1975. 23 с.
- Тюрнин Б.В. О причинах снижения запасов охотской сельди и мерах по их восстановлению // Биол. моря. 1980. Т. 2. С. 69–74.

Тюрнин Б.В., Ёлкин Е.Я. Меры по рациональному использованию запасов охотоморской сельди // Рыбн. хоз-во. 1984. С.17–18.

Фадеев Н.С. Урожайность поколений североохотоморского минтая // Вопр. рыболовства. 2001. № 2. С. 299–318.

Фадеев Н.С. О причинах длительной депрессии сахалино-хоккайдской сельди // Изв. ТИНРО. 2003. Т. 134. С. 168–175.

Шамрай Е.А. Состояние сырьевых биологических ресурсов Баренцева моря и Северной Атлантики в 2017 г. / Мурманск: ПИНРО. 2017. 117 с.

Шунтов В.П., Радченко В.И., Лапко В.В., Полтев Ю.Н. Распределение лососей в западной части Берингова моря и сопредельных водах Тихого океана в период анадромных миграций. // Вопр. ихтиологии. 1993. Т. 33. № 3. С. 337–347.

Шунтов В.П., Темных О.С. Анализ предпосылок и результатов лососевой путины — 2011. Реализация «Концепции программы изучения тихоокеанских лососей». Владивосток. ТИНРО-Центр. 2011. Бюлл. № 6. С. 3–9.

Ярыгина Н.А. Биология размножения атлантической трески (на примере популяций Баренцева моря) // Автореферат дисс. на соиск. уч. ст. д.б.н. Петрозаводск. 2006. 41 с.

Akasofu S.I. On the recovery from the Little Ice Age // Natural Science. 2010. V. 2, No.11, P. 1211–1224. <http://dx.doi.org/10.4236/ns.2010.211149>.

Alheit J., Bakun A. Population synchronies within and between ocean basins: Apparent teleconnections and implications as to physical-biological linkage mechanisms // J. Marine Systems. 2010. V. 79. P. 267–285.

Alheit J., Licandro P., Coombs S., et al. Reprint of «Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO) modulates dynamics of small pelagic fishes and ecosystem regime shifts in the eastern North and Central Atlantic» // J. Marine Systems. 2014. V. 133. P. 88–102.

Chiba S., Hirawake T., Ishizaki S., et al. Status and trends of the Oyashio re-

gion, 2003–2008. In: Marine Ecosystems of the North Pacific Ocean, 2003–2008. // PICES Special Publication. 2010. № 4. P. 300–329.

Yatsu A., Chiba S., Yamanaka Y., Ito S., Shimizu Y., Kaeriyama M., Watanabe Y. Climate forcing and the Kuroshio/Oyashio ecosystem // ICES J. Marine Science. 2013. 70 (5), 922–933. doi:10.1093/icesjms/fst084.

Cushing D.H. Climate and fisheries / Academic Press: London, 1982. 373 p.

Cushing D.H., Dickson R.R. The biological Response in the Sea to climatic changes // Advances in Marine Biology. 1976. V. 14. P. 2 Yatsu A., Chiba S., Yamanaka Y., Ito S., Shimizu Y., Kaeriyama M. and Watanabe Y—122.

Drinkwater K.F., Schrum C., Brandner K.M. Cod and future climate change // ICES Cooperative Reserch Report. 2010. № 305. 88 p.

Engelhard G.H., Gode O.R. Migrations and hydrography determine the abundance fluctuations of blue whiting (*Micromesistius poutassou*) in the Barents Sea / Engelhard G.H., Gode O.R. // Fish. Oceanog. 2008. V.17:2. P. 153–163.

Eriksen E., Ingvaldesen R., Striansen J.E. et al. Thermal habitat for 0-group fish in the Barents Sea; how climate variability impacts their density, length, and geographic distribution // ICES J. Marine Sci. 2012. V. 69 (5) P. 870–879.

Gattuso, J.-P., Magnan, A., Billé, R., Cheung, W.W.L., Howes, E.L., Joos, F., Allemand, D. et al. Contrasting futures for ocean and society from different anthropogenic CO₂ emissions scenarios. // Science. 2015. 349 (6243): aac4722. (also available at <https://doi.org/10.1126/science.aac4722>).

Hátun H., Payne M.R. The North Atlantic subpolar gyre regulates the spawning distribution of blue whiting (*Micromesistius poutassou*) // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 2009. V.66. P. 759–770.

Häkkinen, S., Rhines, P.B., Worthen, D.L. Atmospheric blocking and Atlantic mul-

- tidecadal ocean variability // *Science*. 2011. 334. P. 655–659
- Huse G., MacKenzie B.R., Trenkel V., et al. Spatially explicit estimates of stock sizes, structure and biomass of herring and blue whiting, and catch data of bluefin tuna // *Earth Syst. Sci. Dat.* 2015. V. 7. P. 35–46.
- Hollowed A.B., Alan C. Haynie A.C., Holsman K., Aydin K. Hermann A., Cheng W., Reum J., Faig A. Bridging the gap between mechanistic understanding and climate projections: An example based on the Bering Sea Project // *Book of abst. ICES Annual meeting September 22 – October 1, 2017. Vladivostok, Russia*. P. 54
- Ianelli J.N., Honkalento T., Barbeaux S., Fissel B., Kotwicki S.A. Assessment of walleye Pollock stock in the eastern Bering Sea // *NPFMC Bering Sea and Aleutian Islands SAFE*. 2016. P. 55–180. www.fisheries.noaa.gov.
- ICES. 2017. Report of the Working Group on Widely Distributed Stocks (WG-WIDE), 30 August –5 September 2017, ICES Headquarters, Copenhagen, Denmark. ICES 2017/ACOM:23. 1111 pp.
- ICES, 2019. *Report of the Arctic Fisheries Working Group (AFWG), 24–30 April 2019, Lisbon, Portugal*. ICES Scientific Reports, Vol.1 (30): 930 pp.
- IPCC, 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Solomon, S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M. and Miller H.L. (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC. 2014. *Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report on the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Core writing team, R.K. Pachauri & L.A. Meyer, eds. Geneva, Intergovernmental Panel on Climate Change. 151 pp. (also available at <http://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>)
- Kaeriyama M., Seo H., Kudo H. Trends in run size and carrying capacity of Pacific salmon in the North Pacific Ocean // *INP-FC. Bull.* 2009. № 5. P. 293–302.
- Kawasaki T. Recovery and collapse of the Far Eastern sardine // *Fish. Oceanogr.* 1993. V. 2:3/4. P. 244–253.
- Klyashtorin L.B. Climate change and long-term fluctuations of commercial catches. The possibility of forecasting // *FAO Fish Techn. Paper*. 2001. № 410. 86 p.
- Krovnin A.S., Rodionov S.N. *Atlanto-Scandinavian herring: a case study* // In: *Climate variability, climate change and fisheries* (ed. M.H. Glantz), Cambridge University Press, Great Britain, 1992. P. 231–260.
- Lluch-Cota D.B., Hernández-Vázquez S. Lluch-Cota S.E. Empirical investigation on the relationship between climate and small pelagic global regimes and El Niño-Southern Oscillation (ENSO) // *FAO Fisheries Circular*. 1997. No: 934. 48p.
- MacCall A.D. Mechanisms of low-frequency fluctuations in sardine and anchovy populations // In: *Climate Change and Small Pelagic Fish*, edited by D.M. Checkley, Jr. J. Alheit, Y. Oozeki, C. Roy, Cambridge, University Press. 2009. P. 285–299.
- Mantua J.N., Hare S.R., Zhang Y., et al. A Pacific interdecadal climate oscillation with impact on salmon production. // *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 1997. V. 78. P. 1069–1079.
- Minobe S., Nakamura M. Interannual to decadal variability in the southern Okhotsk Sea based on a new gridded upper water temperature data set. // *J. Geophys. Res.* 2004. 109. C09S05, doi:10.1029/2003JC001916.
- Minobe S., Sako A., Nakamura M. Interannual to interdecadal variability in the Japan Sea based on a new gridded upper water temperature dataset. // *J. Phys. Oceanogr.* 2004. V. 34, No. 11. P. 2382–2397.
- Nakken O. (ed.). *Norwegian Spring-Spawning Herring & Northeast Arctic Cod*. 2008. Tapir Academic Press. 177 p.
- Nishikawa H., Yasuda I., Itoh S. Impact of winter to spring environmental variability along the Kuroshio jet on the recruitment of

- Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*) // Fish. Oceanogr. 2011. V. 20. P. 570–582.
- Noto M., Yasuda I. Population decline of the Japanese sardine, *Sardinops melanostictus*, in relation to sea surface temperature in the Kuroshio Extension // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1999. V. 56. P. 973–983
- Ogawa T., Hiramatsu K. A comparative study of stock assessment and stock management between the Pacific stock of chub mackerel *Scomber Japonicus* and the North Atlantic mackerel *Scomber scombrus* // Nippon Suisan Gakkaishi, 2015. V. 81 (3). P. 408–417.
- Ottersen G., Stenseth N.C., Hurrell J.W. Climatic fluctuations and marine systems: a general introduction to the ecological effects. In: Stenseth N.C., Ottersen G., Hurrell J.W., Belgrano A. (Eds.), Marine Ecosystems and Climate Variation: The North Atlantic. Oxford University Press, Oxford, 2004 a. P. 3–14.
- Ottersen G., Alheit J., Drinkwater K., et al. The responses of fish populations to ocean climate fluctuations. In: Stenseth N.C., Ottersen G., Hurrell J.W., Belgrano A. (Eds.), Marine Ecosystems and Climate Variation: The North Atlantic. Oxford University Press, Oxford, 2004 b. P. 73–94.
- Payne M.R., Egan A., Fässler S.M., et al. The rise and fall of the NE Atlantic blue whiting (*Micromesistius poutassou*) // Marine Biology Research. 2012. V. 8 (5–6). P. 475–487.
- Sugisaki H., Nonaka M., Ishizaki S., et al. Status and trends of the Kuroshio region, 2003–2008. Marine Ecosystems of the North Pacific Ocean, 2003–2008. // PICES Special Publication. 2010. V. 4, P. 330–359
- The Barents Sea. Ecosystem, resources, management. Half a century of Russian-Norwegian cooperation / ed. T. Jakobsen and V.K. Ozhigin. Norway: Tapir Academic Press. 2011. 825 p.
- The Norwegian Sea ecosystem // ed. H.R. Skjoldal. Norway: Tapir Academic Press. 2004. 559 p.
- Thompson D.W.J., Wallace J.M. The Arctic Oscillation signature in the winter-time geopotential height and temperature fields // Geophys. Res. Lett. 1998. 25. P. 1297–1300
- Tisdale B. On global warming and the illusion of control – Part I. Available at: <https://bobtisdale.files.wordpress.com/2015/11/tisdale-on-global-warming-and-the-illusion-of-control-part-1.pdf>.
- Toresen R., Ostvedt O.J. Variation in abundance of Norwegian spring-spawning herring (*Clupea harengus*, Clupeidae) throughout the 20th century and the influence of climatic fluctuations. // Fish Fish. 2000. V.1. P. 231–256.
- Watanabe C., Yatsu A. Effect of density-dependence and sea surface temperature on interannual variation in length-at-age of chub mackerel (*Scomber japonicus*) in the Kuroshio-Oyashio area during 1970–1997. Fish. Bull. 2004. V. 102. P. 196–206.
- World-wide fluctuations of sardine and anchovy stocks: the regime problem / D. Lluch-Belda, R.J. M. Crawford, T. Kawasaki, A.D. MacCall, R.H. Parrish, R.A. Schwartzlose, P. Smith // South African J. Marine Science. 1989. V. 8. P. 195–205.
- Xie S.-P., Noguchi H., Matsumura S. A hemispheric-scale quasi-decadal oscillation and its signature in northern Japan. // J. Meteor. Soc. Japan. 1999. V. 77. P. 573–582.

**PROSPECTS OF NATIONAL FISHERY BY 2035 UNDER
THE CHANGING CLIMATE**

B. N. Kotenev, O. A. Bulatov, A. S. Krovnin

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, 107140

The study has shown that by 2035 the cooling in the Northwest Pacific and Northeast Atlantic is expected. In the Northwest Pacific, a decrease in the catches of walleye pollock in the northern regions and their essential increase in the southern regions are projected. Despite the high catches of Pacific salmon in the last decade, in future the catches of this group of valuable species will decrease significantly. According to expert estimates, the reduction of total catch of walleye pollock and salmon will amount to 1 mil. tons. However, the expected cooling will be favorable for the reproduction success of chub mackerel, Japanese sardine, Sakhalin-Hokkaido herring, Bering Sea cod and Okhotsk herring. This will allow the Far East fishermen to compensate entirely the losses, provided that the fishery is reoriented to other commercial species. In the Northeast Atlantic, the expected cooling will affect negatively the reproduction success of cod, haddock, blue whiting, mackerel, herring that results in decrease in total catch by 0.5 mil. tons. However, the expected cooling will have a positive impact on capelin stock, that compensate significantly for the catch losses.

Keywords: climate, walleye pollock, Pacific salmon, cod, catch, forecast.

ПРОМЫСЕЛ ГИДРОБИОНТОВ

УДК 341.225.:639.227.4

ПРОМЫСЕЛ И СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ ТУНЦОВ В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ
КОМИССИИ ИККАТ

О. А. Булатов*, К. В. Бандурин**, А. А. Нестеров**, А. И. Михайлов*

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
(«ВНИРО»), г. Москва, 107140
e-mail: obulatov@vniro.ru

** Атлантический филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного
хозяйства и океанографии (АтлантНИРО), г. Калининград, 236022
nesterov@atlantniro.ru

Поступила в редакцию 10.09.2019

В зоне действия ИККАТ осуществляется широкомасштабный промысел тунцовых рыб с ежегодным выловом более 600 тыс. тонн. В промысле участвуют 60 стран-членов ИККАТ, и 5 стран, сотрудничающих с ИККАТ. В течение 10 лет наблюдается неуклонный рост вылова полосатого, желтопёрого, пятнистого и макрелевого тунцов. На долю кошелькового промысла приходится 71% от общего вылова. Основными промысловыми видами являются полосатый тунец (скипджек) и желтопёрый тунец, составляющие $\frac{3}{4}$ от общего улова. Мониторинг состояния запасов наиболее массовых видов тунцов осуществляется на основе применения методов математического моделирования с использованием данных промысловой статистики и линейных размеров особей. Объем рекомендуемого ежегодного вылова и распределение квот среди стран членов ИККАТ осуществляется на сессиях ИККАТ. Для России, являющейся членом ИККАТ, возобновление промысла тунцов представляется весьма перспективным.

Ключевые слова: тунцы, вылов, ИККАТ, математическое моделирование.

ВВЕДЕНИЕ

Тунцы и тунцовые рыбы являются объектами масштабного международного промысла в Атлантическом океане. С целью охраны популяций тунцов от нерегулируемого рыболовства ведущими странами была согласована и подписана Международная конвенция о сохранении атлантических тунцов, в рамках которой создана соответствующая Международная комиссия по сохранению атлантических тунцов (International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas-ICCAT). В настоящее время членами комиссии являются 60 государств и пять стран сотрудничают с ИККАТ не будучи членами.

Вылов тунцов и сопутствующих видов в Атлантическом океане в течение 2005–2017 гг. изменялся в пределах 454–722 тыс. т (Statistical Bulletin, 2017). Данная группа

промысловых видов является весьма ценной, и общая стоимость ежегодного вылова тунцовых рыб, марлинов, меч-рыбы, парусников и акул достигает внушительной величины — около 80 млрд. долларов США.

Несмотря на отсутствие в настоящее время специализированного промысла со стороны России, не исключена вероятность проявления интереса со стороны отечественных рыбаков с целью организации на первых порах экспериментального, а в дальнейшем, и масштабного промысла тунцовых рыб.

Видовой состав. Величина общего вылова в значительной степени определяется уровнем добычи массовых видов тунцов, относящихся к группе «тропические тунцы» (по классификации и терминологии ИККАТ): полосатого (*Katsuwonus pelamis*), желтопёрого (*Thunnus albacares*), больше-

глазого (*Thunnus obesus*) тунцов, составляющих основу тунцового промысла. Следует отметить, что динамика вылова характеризовалась устойчивым трендом на повышение, и за 10 лет произошло 1,5-кратное его увеличение. При анализе динамики видовых уловов оказалось, что полосатый тунец наиболее востребован промыслом, его уловы с 2008 по 2017 гг. увеличились на 100 тыс. т, тогда как рост вылова других видов происходил небольшими темпами. Общий вылов тунцов в зоне действия Комиссии ИККАТ в 2016–2017 гг. превысил 600 тыс. т (табл. 1). Так называемая группа видов «малые тунцы» согласно классификации ИККАТ, к которой относятся пятнистый (*Euthynnus alletteratus*), макрелевый (*Auxis thazard*), скумбревидный (*Auxis rochei*), чернопёрый (*Thunnus atlanticus*) тунцы, западно-африканская макрель (*Scomberomorus tritor*), испанская макрель (*Scomberomorus maculatus*), ваху (*Acanthocybium solandri*), пелагида (*Sarda sarda*) и корифена (*Coryphaena hippurus*), а также молодёжь ряда других видов тунцов, являются основными объектами кошелькового промысла. Тогда как большеглазый, длинноперый (*Thunnus alalunga*) и синий (*Thunnus thynnus*) тунцы, меч-рыба (*Xiphias gladius*), синий марлин (*Makaira nigricans*), белый марлин (*Tetrapturus albidus*), парусник (*Istiophorus albicans*), другие марлины (*Tetrapturus spp.*), голубая акула (*Prionace glauca*), акула-лисица (*Alopias spp.*) облавливаются главным образом ярусами.

Вылов тунцов из группы «малые тунцы»: пятнистого, макрелевого, скумбревидного и пелагиды был не столь значительным по сравнению с таким массовыми видами, как полосатый и желтопёрый тунцы. Однако межгодовая изменчивость их вылова оказалась весьма волатильной. Так вылов пятнистого и макрелевого тунцов увеличился за 10 лет в 2,3 раза, пелагиды в 1,5 раза, тогда как чернопёрого снизился.

Вылов по странам и орудиям лова в 2016–2017 гг. Промысел тунцов осуществляется различными орудиями лова: кошельковыми неводами, ярусами, удочками,

троллами, дрифтерными сетями, тралями. Одним из наиболее рентабельных типов промысла тунцов является кошельковый, который считается наиболее эффективным способом лова. С использованием этого орудия лова добывается 63% мирового улова тунцов.

В Атлантическом океане вылов кошельковым неводом составляет 71,2% (по данным 2016 г.), причем на долю полосатого и желтопёрого тунцов приходится $\frac{3}{4}$ вылова. Основные районы промысла судами, ведущими кошельковый промысел, расположены в восточной части Атлантического океана, где добывается до 80% тунцов. Наиболее активный кошельковый лов в Атлантике ведут флотилии Испании, Франции, Турции, Венесуэлы, Бразилии, Ганы, Кюрасао, Белиза; ярусный — Японии, Китая (Тайвань); учебный — Испании, Ганы, Бразилии, Франции, Португалии (Report ICCAT, 2018a).

Ангола

Промысел тунцов и сопутствующих видов в ИЭЗ Анголы ведется кустарным, промышленным и полупромышленным секторами рыболовства. В целом рыболовство сосредоточено на вылове двух основных групп видов: крупных тунцов — длиннопёрого, большеглазого и желтопёрого; и мелких видов — полосатого, пятнистого, испанской макрели, пелагиды, макрелевидного и скумбриеvidного тунцов. Запасы крупных видов тунцов, марлинов и меч-рыбы эксплуатируются в основном промышленным сектором рыболовства (кошельковыми сейнерами и ярусными судами), принадлежащими совместным предприятиям.

Кустарный сектор рыболовства Анголы хорошо развит, здесь используются жаберные сети, учебные орудия и невода. Вылов у побережья Анголы составил 24,6 тыс. т (2015 г.). Вылов крупных тунцов из тропической группы составил 17,6 тыс. т, из них 96% приходилось на кошельковый лов. В уловах преобладали полосатый тунец (67%) и желтопёрый (20%). В уловах ярусом доминировали желтопёрый тунец (57%) и большеглазый (34%). Судами кустарного сектора выловлено 7,0 тыс. т. Улов включал

Таблица 1. Вылов основных тунцовых рыб в Атлантическом океане и Средиземном море в 2008—2017 гг. странами ИККАТ, тыс. т (по материалам Report ICCAT, 2018a)

Вид	Годы									
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Полосатый	146,6	164,8	193,1	223,5	253,2	255,7	231,2	229,2	245,9	256,6
Желтопёрый	106,7	113,4	108,8	102,4	104,5	97,3	97,0	108,9	127,8	139,3
Большеглазый	67,7	80,4	80,5	82,9	75,9	73,2	78,0	79,9	72,4	78,5
Длиннопёрый	42,3	41,6	40,8	48,8	52,8	45,4	42,7	43,3	47,3	44,0
Пятнистый	13,5	15,1	18,9	18,6	17,8	20,3	11,7	14,1	31,1	30,6
Синий	25,8	21,7	13,0	11,8	12,6	14,7	14,9	18,0	22,0	25,4
Макрелевый	6,7	10,5	10,8	11,1	11,9	14,6	12,8	7,4	2	15,4
Скумбревидный	6,8	5,6	7,9	9,5	6,2	7,2	3,9	8,7	4,0	3,2
Чернопёрый	1,7	1,4	1,5	1,5	1,5	1,2	0,9	1,2	1,3	0,9
Пелагида	15,0	21,2	20,9	25,0	45,0	24,2	26,9	12,4	54,8	21,0
Другие виды «малых тунцов»	20,7	30,1	32,9	30,0	27,6	30,9	19,1	17,2	16,5	18,3
Всего	453,5	505,8	529,1	565,1	609,0	584,7	539,1	533,0	614,3	633,2

пятнистого тунца (34%), пелагиду (8%), макрелей (8%) и другие виды.

Алжир

Промысел вели промышленные (14 ед.) и кустарные суда. Годовой вылов в 2017 г. составил 2,9 тыс. т, из них синий тунец — 1037 т, меч-рыба — 550 т, мелкие виды тунцов — 1270 т.

Бразилия

Бразилия располагает значительным количеством судов, ведущих промысел тунцов. В 2017 г. тунцеловный флот Бразилии насчитывал 55 судов ярусного лова, 31 учебное судно, 48 малых судов смешанного лова и около 300 — кустарного лова. Общий вылов тунцов и сопутствующих видов (марлины, меч-рыбы, акулы, макрели и корифены) составил 51 тыс. т. Подавляющая часть улова — 28,0 тыс. т или 55% общего вылова, была добыта сейнерами. Суда, использующие живую приманку, выловили 16,1 тыс. т (27%), ярусоловы — 8,2 тыс. т (15%).

Наиболее массовым видом в уловах являлся полосатый тунец — 20,0 тыс. т

(35,6%) и желтопёрый — 18,4 тыс. т (33,7%). Ярусные уловы представлены меч-рыбой, голубой акулой, желтопёрым и большеглазым тунцами.

До 20% вылова Бразилии получено кустарным флотом. Вылов состоял из желтопёрого и большеглазого тунцов, а также макрелей.

Белиз

По данным за 2017 г. общий вылов тунцовых и акул составил 19,0 тыс. т. Флот состоял из 7 сейнеров и 13 ярусных судов.

Вылов сейнеров достигал 17,1 тыс. т и включал желтопёрого, большеглазого и полосатого тунцов.

Ярусоловными судами добыто 1,9 тыс. т длиннопёрого тунца, мечерыльных, макрелей, акул и тунцов «тропической группы».

Венесуэла

Промысел вели 87 судов промышленного лова (78 ярусоловов, 4 сейнера, 5 учебных судов) и суда кустарного лова. В 2017 г. выловлено 9,4 тыс. т, в основном, (85%) тунцовых рыб. Объекты лова: желтопёрый

тунец — 56%, полосатый тунец — 24%, большеглазый — 4%, чернопёрый тунец — 1%, мечерылые, акулы и прилов — 15%.

Гана

В 2017 г. общий вылов тунцов составил 85,6 тыс. т, из них полосатый — 68% (58,1 тыс. т), желтопёрый — 24% (20,8 тыс. т), большеглазый — 5% (4,1 тыс. т), прочие виды — 3% (2,6 тыс. т). В промысле участвовало 37 судов, в том числе 20 учебных судов с применением живой приманки и 17 сейнеров. В общем вылове более 81% получено кошельковыми сейнерами (69,2 тыс. т) и 19% учебными судами (16,4 тыс. т). Следует отметить, что кошельковые сейнеры активно использовали технологию FAD (fish aggregating device — устройство, концентрирующее рыбу). Количество FAD в последние годы постоянно увеличивалось и превышало 5400 единиц.

Европейский союз

Тунцовый промысел, ведущийся странами, входящими в Европейский союз (ЕС), имеет более чем столетнюю историю и осуществляется в Атлантике и Средиземном море. На промысле применяются разнообразные орудия лова: кошельковые и ставные невода, яруса, удочки, троллы, пелагические тралы, ловушки, а также спортивные и любительские орудия лова. Рекордный вылов тунцов и сопутствующих видов странами ЕС был достигнут в 1991 г. и составил более 300 тыс. т.

В 2017 г. общий вылов судами странами ЕС — «главными игроками», яв-

Кабо Верде (острова Зеленого Мыса)

Тунцеловный флот этой страны насчитывает 91 судно длиной более 11 м и 1239 единиц маломерных судов кустарного лова (пирог и т.д.). В промысле также участвуют иностранные суда (8 единиц), выгрузка улова которых осуществляется в портах страны. В 2017 г. общий вылов составил — 15,7 тыс. т. Уловы представлены следующими видами: пятнистый тунец — 1880 т, полосатый тунец — 1538 т, большеглазый тунец — 239 т, желтопёрый тунец — 952 т, длиннопёрый тунец — 548 т, чернопёрый тунец — 727 т, макрелевый тунец — 81 т, пелагида — 3509 т, западно-африканская макрель — 121 т, ваху — 1 т, корифена — 1482 т, акулы — 3648 т.

Китай

В 2017 г. промысел вели 34 ярусных судна. Общий вылов составил 7,2 тыс. т. Важнейшим промысловым видом, преобладающим в уловах является большеглазый тунец, вылов которого составил 5,5 тыс. т. Кроме того, в уловах встречались желтопёрый тунец — 578 т, длиннопёрый тунец — 308 т, синий тунец — 64 т, меч-рыба — 383 т, акулы — 285 т. В виде прилова добывались синий и белый марлины, а также парусник.

Китай (Тайвань)

Промысел большеглазого тунца в 2017 г. осуществляли 84 судна, из которых

Таблица 3. Видовой состав уловов тунцов и меч-рыбы странами ЕС в 2017 г., тыс. т

Виды	полосатый	желтопёрый	длиннопёрый	большеглазый	голубой	меч-рыба	прочие виды	общий вылов
Вылов	76,0	38,7	26,4	18,4	13,1	15,7	64,5	252,8

54 ярусных. В промысле длиннопёрого тунца участвовало 30 ярусных судов. В 2017 г. общий вылов составил 28,4 тыс. т. В уловах преобладали большеглазый — 11845 т и длиннопёрый тунцы — 11475 т, вылов желтопёрого тунца и меч-рыбы существенно меньше — 776 т и 494 т, соответственно. В качестве прилова отмечены акулы, марлины, полосатый тунец и прочие.

Канада

В 2017 г. промысел канадскими рыбаками осуществлялся ярусами, удебными орудиями лова и ловушками. Общий вылов составил 2197 т, из них синий тунец — 472 т, меч-рыба — 1188 т. Промысел синего тунца велся в период с июля по декабрь на шотландском шельфе, в зал. Святого Лаврентия, в зал. Фанди и в р-не Ньюфаундленда. В промысле участвовало 700 лицензированных рыбаков, которые применяли ярусные и удебные орудия лова, гарпуны, и ловушки. Промысел меч-рыбы в канадских водах велся с апреля по декабрь. В промысле 2017 г. участвовало 46 из 77 лицензированных рыбаков, которые вели лов ярусами и гарпунами.

Кот-д'Ивуар

В 2017 г. общий вылов составил 11,3 тыс. т. В уловах преобладали тунцы 6,5 тыс. т, мечерылые — 4,7 тыс. т, в прилове отмечались акулы. По видовому составу в уловах доминировали полосатый, пятнистый и большеглазый тунцы и пелагида. В прилове отмечались синий марлин, акула-лисица.

Республика Корея

В 2017 г. в период с января по декабрь промысел вели 12 ярусных судов. Общий вылов составил — 2825 т. Судами велся целевой промысел большеглазого тунца (432 т), желтопёрого (411 т), длиннопёрого (92 т) и синего (181 т) тунцов. В прилове отмечались меч-рыба, марлин, парусник и другие виды.

США

Вылов в 2017 г. составил 6,8 тыс. т. Основные орудия лова: яруса, троллы, удочки.

Уловы включали: желтопёрого тунца — 3326 т, меч-рыбу — 1377 т, синего тунца — 788 т, большеглазого тунца — 788 т, длиннопёрого тунца — 237 т, в прилове отмечались акулы, полосатый тунец и другие виды.

Мексика

Промысел тунцов ведется в пределах ИЭЗ, в Мексиканском заливе. Вылов в 2017 г. составил 1537 т. Тунцеловные суда Мексики осуществляли ярусный и кошельковый промысел тунцов. В промысле участвовали 29 крупных судов и сотни мелких кустарных судов. В 2017 г. большую часть улова (1241 т) составлял желтопёрый тунец. Кроме того, вылов других основных видов включал 72 т марлинов, 64 т меч-рыбы, 34 т синего тунца, другие виды 126 т.

Марокко

В 2017 г. выловлено 8563 т тунцовых и мечерылых рыб. Вылов основных видов составил: синего тунца — 1702 т, пелагиды — 1417 т, меч-рыбы — 900 т, полосатого тунца — 950 т, большеглазого — 410 т, желтопёрого — 113 т. В уловах также присутствовали акулы, аусиды и другие виды.

На промысле использовались яруса, сети, ставные невода, уды, кошельковые невода. В соответствии с решениями ИККАТ правительство Марокко приняло постановление о регулировании промысла тунцов, включая ограничение минимальных размеров синего тунца и меч-рыбы, ограничение величины промыслового усилия и введение мониторинга на судах и портах сдачи улова.

Россия

В настоящее время в реестр ИККАТ включено 18 крупнотоннажных траулеров России. Специализированный промысел тунцов в последние годы не ведется. Максимальный объем прилова тунцов и тунцовых рыб в период 2010—2017 гг. отмечен в 2011 г. 3,3 тыс. т. Судами, осуществляющими траловый лов в Центрально-Восточной Атлантике (ЦВА) в 2017 г., в качестве прилова добыто 666 т пелагиды, 433 т

Таблица 4. Видовой состав уловов тунцовых траловым флотом России в Атлантическом океане в 2010–2017 гг., т (данные «АтлантНИРО»)

Вид	Годы							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Пеламида	1042	2293	848	125	416	308	850	666
Пятнистый	268	11	208	399	255	134	547	433
Макрелевый	270	912	113	217	139	249	545	388
Скумбревидный	67	119	366	703	352	345	336	62
Полосатый	0	20	0	0	2	1	1	110
Итого	1647	3355	1535	1444	1164	1037	2279	1659

пятнистого тунца, 388 т макрелевого тунца, 110 т полосатого тунца и 62 т скумбревидного тунца (табл. 4).

Вылов тунцов, мечерылых и акул странами-членами ИККАТ и другими странами в 2008–2017 гг. в конвенционном районе ИККАТ представлен в таблице 5.

Несомненными лидерами являются Испания, Бразилия, Гана и Франция. Вылов этих стран в 2017 г. достиг 317 тыс. т. В течение 10-летнего периода резко нарастили вылов Бразилия, Габон и Сенегал. Ирландия, Никарагуа, Уругвай и Япония, наоборот, резко его снизили.

Таблица 5. Вылов тунцов, мечерылых и акул странами-членами ИККАТ и другими странами в 2008–2017 гг. в конвенционном районе ИККАТ, т (FAO, 2018; Report ICCAT, 2018a)

Страны	Годы									
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Алжир	4126	2659	2784	1797	2123	3893	4414	5602	3433	2858
Ангола	1377	7583	10353	6448	8345	6429	2551	24600	7	—
Барбадос	216	163	193	260	330	323	369	469	503	440
Белиз	4899	1670	6849	14409	23115	2433	1116	22117	17067	18980
Бразилия	37434	40462	37662	52015	45180	51868	52437	45928	31536	50958
Вануату	2076	1386	1096	692	585	369	106	81	113	0*
Великобритания	1278	906	729	250	459	104	215	241	20	0,2
Венесуэла	7314	9088	10465	9200	8128	7891	7420	7734	8328	9362
Габон	105	71	71	314	334	355	366	290	0	26895
Гана	64934	67104	80869	70578	75300	87454	96679	110564	75871	85559
Гватемала	11127	7633	7164	6103	7306	9108	10184	12619	11415	9
Греция	2987	2838	2708	3100	2306	3552	2867	2770	3719	1101
Ирландия	42200	2517	1297	3600	3701	2348	2508	2419	2384	2518
Исландия	43	26	44	30	5	4	30	37	6	115
Испания	136924	154250	172361	117000	130000	162320	151869	154208	163560	133281
Италия	13600	14359	11480	10800	9233	8866	8885	10030	12367	6966
Кабо-Верде	16842	10310	12833	16011	13200	20423	31024	40229	16493	15726
Канада	2466	2134	2308	2310	1977	2345	2449	2585	2355	2197

Таблица 5. Окончание

Страны	Годы									
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Кипр	433	267	272	293	374	425	462	572	660	727
Китай	7299	6400	6900	4997	4297	3518	2796	5842	7048	7189
Китай (Тайвань)	23778	25222	27320	35799	30791	27570	26435	30833	29366	28365
Корея	4668	3489	3832	4614	3294	2642	1552	851	1495	2825
Кот-Д'Ивуар	9655	6309	9541	2892	1325	15548	4211	1274	2378	11349
Ливия	1318	9828	9070	762	763	1133	1095	1275	1368	1796
Мавритания	122	159	754	15828	7154	4887	3778	5453	8300	11619
Мальта	590	1962	609	1058	870	1127	829	1070	934	857
Марокко	13391	13956	10817	8584	8224	8281	6534	10242	7531	8563
Мексика	10847	6653	12000	10563	10448	1401	1585	1521	9688	1537
Намибия	4785	7009	4619	4021	4921	2451	4134	4633	5479	2867
Нигерия	296	565	22 194	19 289	20 088	20 328	21 251	21 402	0	0*
Никарагуа	12212	14016	199	178	244	271	447	466	0	0
Норвегия	19	11	25	12	10	41	5	8	50	51
Панама	18805	19738	20671	22196	19121	25224	23805	13634	19287	—
Португалия	27293	24816	36120	15600	12500	18779	15115	14186	20936	23930
Россия	1043	968	1647	3355	1535	1444	1164	1037	2279	1549
Сант-Винсент и Гренада	3278	3158	1668	1645	1080	851	2229	1130	1737	2489
Сан-Томе и Принсипи	1340	1378	1414	1010	2049	2359	2512	3479	2576	2332
Сенегал	11713	12435	14606	15675	12709	21892	12686	18731	34863	32051
США	8322	9720	9100	9700	13733	33318	28376	27927	11154	6826
Сьерра-Леоне	2860	2800	2800	4540	4540	6778	6886	6728	—	—
Тринидад и Тобаго	2877	3045	2212	4300	2100	2928	3471	1528	2514	3116
Тунис	8691	9411	10148	1860	7403	7425	7404	11585	9550	15490
Турция	9839	12131	12687	16121	38993	15574	20331	5463	41477	10531
Уругвай	1064	2652	736	1064	541	480	480	480	0	0
Филиппины	2266	2207	1597	1555	904	1944	2130	2130	37	0
Франция	34936	43700	48981	43500	40000	51645	55772	53975	61040	46188
Хорватия	903	754	393	372	455	529	538	571	617	635
Экваториальная Гвинея	135	2186	2247	3188	3151	46	46	132	0	—
Южная Африка	4728	6746	6032	7427	3560	5008	6754	6423	3753	3348
Япония	40413	28939	27341	27241	28000	30871	29848	29285	27759	23000
Сумма	619867	607789	647626	584857	596748	666474	648903	680424	660353	590418

Примечание: 0* – флот не работал; Вылов Кабо-Верде не учитывает 10000 т иностранного вылова; Прочерк – нет данных.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ И СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ

Современные методы оценки состояния запасов тунцовых рыб Атлантического океана можно разделить на три группы в зависимости от доступной информации.

Первая группа методов образована структурированными моделями, для применения которых помимо временных рядов общего улова и индексов численности необходимы данные о возрастном или размерном составе уловов. В основе этой группы методов лежит совместная оценка параметров трех уравнений: уравнения экспоненциальной убыли, уравнения Баранова и уравнений наблюдения. Поскольку для запасов, обитающих в зоне действия ИККАТ, в большинстве случаев используется информация о размерном составе уловов, также требуется оценка параметров уравнения Берталанфи. В каталоге программного обеспечения ИККАТ содержатся пять структурированных моделей — ASAP, FLXSA, Stock Synthesis (Methot, Wetzel, 2013), SAM (Berg, Nielsen, 2016) и VPA2Box (Porch, 1995). К основным запасам тунцовых рыб применяются две модели: VPA2Box и Stock Synthesis. Применение более современной модели SAM носит пока экспериментальный характер. Модель Stock Synthesis применяется наиболее часто, поскольку позволяет работать с размерным составом напрямую, оценивая параметры уравнения Берталанфи в качестве внутренней процедуры.

Вторая группа методов образована продукционными моделями для применения которых достаточно временных рядов уловов и одного (или нескольких) индексов численности. В каталоге программного обеспечения ИККАТ содержатся три продукционные модели: ASPIC, mprb и JABBA. Модель ASPIC (A Stock—Production Model Incorporating Covariates — продукционная модель с учетом ковариаций) (Prager, 1994), является одной из наиболее распространенных в международных рыбохозяйственных организациях продукционных моделей. Ос-

новным достоинством и спецификой данной модели является возможность использования для оценки параметров одновременно нескольких наборов данных, что теоретически должно повысить точность оценок. Пакет mprb (Biomass Dynamic Management Procedures — процедура управления динамикой биомассы) (Kell et al, 2017) представляет собой продукционную модель Пелла-Томлинсона (Pella, Tomlinson, 1969) с расширенными возможностями диагностики, реализованную в среде R. Модель JABBA (Just Another Bayesian Biomass Assessment — еще одна байесовская оценка биомассы) представляет собой динамическую продукционную модель с байесовской процедурой оценки параметров, реализованную в пространстве состояний, что позволяет учесть как ошибку процесса, так и ошибку наблюдения. Все три продукционные модели применяются в равной мере с некоторым перевесом в пользу mprb в силу более развитой диагностики по сравнению с ASPIC и новизны сопоставимого по возможностям с mprb пакета JABBA.

Третью группу методов оценки запасов с ограниченным информационным обеспечением расчетов можно разделить на два типа: методы, основанные на динамике размерного состава популяции и методы, использующие только данные по уловам. В основе методов, использующих данные по динамике размерного состава, лежит влияние промысловой смертности на частоту встречаемости размерных когорт в уловах. Тем самым, при заданных априорно параметрах кривой Берталанфи известной динамики размерного состава можно оценить отношение промысловой смертности к естественной. Методы этого типа реализованы в пакетах LBSPR (Length Based Spawning Potential Ratio — метод оценки нерестового потенциала) (A novel length-based empirical estimation method ..., 2015) и LIME (Length-based integrated mixed effects — модель интегрированных смешанных эффектов) (Rudd, Thorson, 2018).

В основе методов, использующих только данные по уловам, лежит продукци-

онная модель динамики численности. Одного только ряда уловов недостаточно для того, чтобы оценить ее параметры, однако сам факт того, что при наличии эмпирически наблюдаемого ряда уловов запас остается ненулевым, накладывает определенные ограничения на возможные значения параметров. Методы такого типа перебирают все возможные значения параметров из некоторого распределения и отбрасывают те значения, при которых наблюдаемый улов приводит к отрицательным значениям запасов. Таким образом, строится область допустимых значений параметров, что позволяет приблизительно оценить диапазон возможных ориентиров управления. Методы этого типа реализованы в пакетах DBSRA (Depletion-Based Stock Reduction Analysis — анализ снижения запасов на основе оценки истощения) (Dick, MacCall, 2011), Stochastic-SRA, (Walters, Martell, Korman, 2006) и Catch-MSY (Martell, Froese, 2013).

Дефицит информационного обеспечения — типичная ситуация для малых тунцов. Основные усилия исследователей направлены на применение методов, основанных на размерных характеристиках уловов (Performance of length-based data-limited methods ..., 2019), в силу наличия информации о размерных характеристиках запасов, пусть и не всегда качественной. Тем не менее, методы, основанные только на статистике уловов, хотя и позволяют лишь очертить

область допустимых значений ориентиров управления, также представляются перспективным направлением в силу их относительной простоты и универсальности.

Полосатый тунец

Полосатый тунец повсеместно распространен в тропической и субтропической зонах Атлантического океана. В ИК-КАТ рассматривают две изолированные популяции тунца — западную и восточную. Большая часть вылова приходится на восточную часть океана. Промысел полосатого тунца ведется преимущественно поверхностными орудиями лова (кошельковые невода, удебный лов с использованием живой приманки, яруса).

В **Восточной Атлантике** подавляющую часть улова полосатого тунца кошельковыми неводами добывают суда Испании и объединенной флотилии ФИС (Франция, Сенегал, Кот-д'Ивуар, Вануату, Гана и Мальта). Начиная с 1991 г., промысел полосатого тунца претерпевает изменения, связанные с внедрением новой тактики промысла, использующей дрейфующие объекты. Одновременно отмечена экспансия удебных судов на запад приэкваториальной области океана вслед за дрейфом концентрирующих средств (FAD). Исторический вылов после 2000 г. в **Восточной Атлантике** изменялся от 113 тыс. т в 2007 г. до 242 тыс. т в 2017 г. (рис. 1). В **Западной Атлан-**

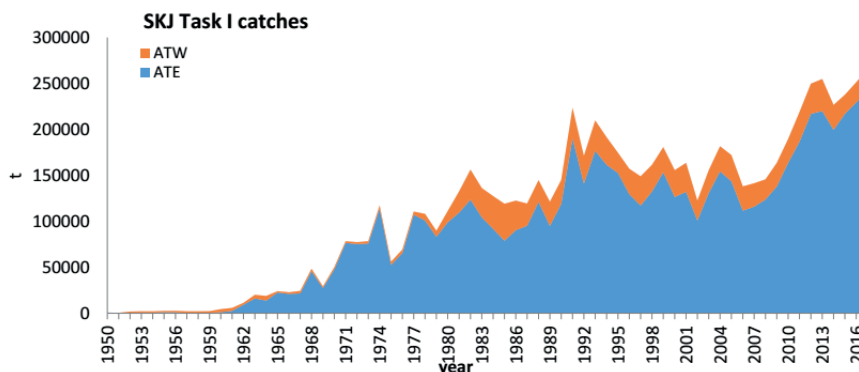


Рис. 1. Вылов полосатого тунца в разных районах Атлантики в 1950–2017 гг. (восточная часть — синий цвет, западная часть — красный).

тике большая часть улова добывается судами Бразилии, использующими живую приманку, а также кошельковыми судами Венесуэлы. Исторический вылов колебался от 40 тыс. т в 1985 г. до 22 тыс. т в 2011 г. Вылов в 2017 г. составил 23 тыс. т (рис. 1).

Исторический максимум вылова полосатого тунца в пределах Атлантики был получен в 2017 г. — 266 тыс. т. Величина общего вылова вида существенно недооценивается за счет большого количества маломерных особей, выбрасываемых за борт из уловов кошельковых сейнеров и консервного производства, в котором не отражается видовой состав уловов.

Состояние запаса

Детальная оценка запасов полосатого тунца *Восточной Атлантики* была выполнена в 2008 и 2012 гг. Проведенный анализ индексов численности в 2015 и 2016 гг. показал, что запас полосатого тунца недоэксплуатируется промыслом. Современное состояние запаса полосатого тунца *Западной Атлантики* определено в 2008 и 2011 гг. Биологические характеристики вида (высокий темп роста и созревания, присутствие многих возрастных групп в уловах и т.д.) свидетельствуют об устойчивости вида по отношению к прессу промысла (Report ICCAT, 2014).

Оценки запасов выполнены в 2008 г. по модификации модели Шеффера и по мо-

дели Грангиера и Гарсия. Результаты представлены в таблице 6.

Последняя оценка индексов полосатого тунца *Восточной Атлантики* (2012 г.) проводилась с привлечением частично неопределенных данных. Поэтому, с одной стороны, она подтвердила оценку 2008 г. и может свидетельствовать о стабильном состоянии запаса. С другой стороны, MSY тунца, оцениваемый величинами 143–170 тыс. т, занижен и не соответствует другим относительным индексам численности. Так оценки MSY для разных спецификаций байесовской продукционной модели (BSP) колебались в диапазоне 260–437 тыс. т. B_{MSY} в диапазоне 384–489 тыс. т. Биомасса запаса оценивалась в диапазоне 680–717 тыс. т. (ICCAT, 2014). Вылов в 2017 г. составил 242,3 тыс. т (табл. 6).

MSY тунца *Западной Атлантики* оценивается величинами 30–36 тыс. т. Вылов в 2017 г. составил 23,3 тыс. т.

Желтопёрый тунец

Оценки состояния запаса желтопёрого тунца выполняются Постоянным Комитетом ИККАТ по исследованиям и статистике на основе продукционных моделей, учитывающих возрастную структуру популяции, и осуществляются один раз в три года. В настоящее время доступны результаты

Таблица 6. Показатели состояния запасов полосатого тунца Атлантики принятые для 2018–2019 гг. (т)

Показатели	Значения	
	Восточная Атлантика	Западная Атлантика
Максимальный устойчивый улов (MSY)	Вероятно превышает полученный в прежние годы (143 000–170 000 т)	30 000–36 000 т
Текущий вылов (2017 г.)	242 289 т	23 300 т
Относительная биомасса (B_{2013}/B_{MSY})	>1	Около 1,3
Относительная смертность (F_{2013}/F_{MSY})	<1	Около 0,7

оценки состояния запасов, выполненные в 2016 г., включающие данные до 2014 г (Report ICCAT, 2016a). Использование информации, связанной с объемом вылова, размерным и возрастным составом уловов, индексами численности (при этом индексы сгруппированы в два кластера, демонстрирующие противоположные тенденции, для объяснения которых строятся независимые модели) за 1973–2013 гг., позволило применять структурированные модели.

Для оценки состояния запасов применяются, как когортные (VPA и Stock Synthesis), так и продукционные модели (ASPIC и ASPM). В 2014 г. отмечен существенный рост запасов, и оценка биомассы составила 465 тыс. т ($0,95 B_{MSY}$) с доверительным интервалом 308–731 тыс. т. Максимально устойчивый улов (MSY) оценен в 2016 г. на уровне 126 тыс. т. при вылове в 2015 г. 109 тыс. т (табл. 7). Выполненная оценка величины MSY свидетельствует о том, что запас этого вида находится в удовлетворительном состоянии. Индексы численности в 2016 г. подтвердили данные расчетов. Целесообразно сохранение промыслового усилия на современном уровне. Увеличение промыслового усилия может привести к такому уровню промысловой смертности, при котором величина эксплуатируемого запаса не сможет поддерживать минимальный уровень MSY.

Большеглазый тунец

Недостаточная изученность биологии весьма затрудняет процесс оценки запасов, а также разработку рекомендаций. В последние годы ИККАТ активизировал исследования биологии большеглазого тунца, и с 2010 г. реализована глобальная программа мечения тропических тунцов. Запасы большеглазого тунца эксплуатируются тремя типами орудий лова: ярусами, удочками с применением живой приманки и кошельковыми неводами. Удебный промысел с применением живой приманки развит в водах Ганы, Сенегала, Канарских островов, Мадейры и Азорских островов.

Из общего улова ярусами 55% большеглазого тунца добывали Япония и Китай (Тайвань). Промысел велся на обширной акватории от 45° с.ш. до 40° ю.ш. Кошельковые суда в Атлантике в основном ведут промысел в Гвинейском заливе и водах Сенегала, а в *Западной Атлантике* — в водах Венесуэлы. Подавляющую долю уловов большеглазого тунца кошельковыми неводами добывали суда ЕС и Ганы.

Размеры рыб, добываемых ярусами, удочками на живую наживку и кошельковыми неводами, существенно различаются. Так, ярусоловами добываются крупные и средне-размерные особи, вес которых составляет от 30 до 70 кг. Удебные суда, использующие живую приманку, добывают рыб средне-

Таблица 7. Результаты показателей состояния запаса желтопёрого тунца по моделям VPA и ASPIC на 2018–2019 гг.

Показатели	Значения
Максимальный устойчивый улов (MSY) тыс. т	126,3 (119,1–151,2)
B_{MSY}	489,2
Вылов (2015) тыс. т	108,9
Вылов (2017) тыс. т	139,3
Относительная нерестовая биомасса (B_{2010}/B_{MSY})	B_{2014}/B_{MSY} 0,95 (0,71–1,36)
Относительная промысловая смертность	$F_{current}$ (2014) / F_{MSY} 0,77 (0,53–1,05)

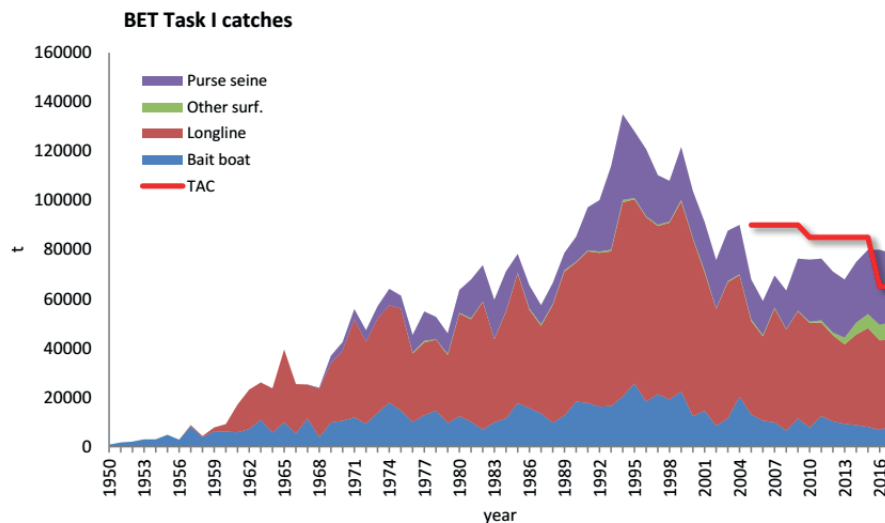


Рис. 2. Вылов большеглазого тунца в 1950–2017 гг. с использованием разных орудий лова (ярусный — кирпичный цвет; удебный — голубой; кошельковый — зеленый; синий — другие орудия лова, ОДУ — красная линия).

и мелкоразмерных, вес которых составляет от 20 до 30 кг. Кошельковыми неводами добывают в основном мелких особей, средний вес которых достигает 5 кг. При этом рыночная стоимость крупных особей (добываемых ярусами) примерно в семь раз выше, чем средне- и мелкоразмерных рыб.

Увеличение общего вылова кошельковыми сейнерами и, при этом, значительное увеличение доли молоди в уловах связано с использованием технологии промысла, основанной на использовании FAD.

Общий вылов в 2016 г. составил 72,4 тыс. т. В 2017 г. выловлено 78,5 тыс. т (рис. 2).

Анализ состояния запасов большеглазого тунца осуществляется один раз в три года. В последний раз анализ выполнялся в 2018 г. (Report, ICCAT, 2018b). Имеющаяся информация включала: объем вылова, размерную и возрастную структуру уловов, индексы численности за 1950–2017 гг., что позволило применить структурированные модели. Для оценки состояния запасов использовалось несколько моделей: когортная (Stock Synthesis) и две производные (mpb и JABBA). Оценка ориентиров управления с доверительными интервалами и состояния запаса приведена в таблице 8.

Были дополнены исходные статистические данные для расчетов и привлечены новые индексы численности, а также данные по ННН-вылову, который до 2006 г. достигал 5–10 тыс. т. Выполненные оценки состояния запасов свидетельствуют об их снижении, начиная с 1990 г. Максимальный устойчивый улов (MSY) большеглазого тунца в 2018–2019 гг. оценивается величиной 76,2 тыс. т (табл. 8).

Несмотря на то, что ИККАТ рекомендует ограничивать ежегодный вылов в объеме 65 тыс. т, фактические уловы превышают расчетные значения на 13–15 тыс. т.

Одной из мер, ограничивающих промысловую нагрузку на запасы большеглазого тунца, является ограничение количества судов в соответствии с обоснованным ИККАТ в 2005 г. (табл. 9).

Страны флага должны выдавать специальное разрешение судам длиной 20 м и более на промысел большеглазого и/или желтоперого тунца в районе Конвенции и судам под их флагом, используемым для какой либо вспомогательной деятельности.

Годовой ОДУ для большеглазого тунца в 2019 г. в соответствии с многолетней программой составляет 65 тыс. т. ОДУ и квоты на 2019 г. и последующие годы кор-

Таблица 8. Результаты расчетов показателей состояния запаса большеглазого тунца по модели Stock Synthesis на 2018–2019 гг.

Показатели	Значения
Максимальный устойчивый улов (MSY)	76,2 тыс. т (72,7–79,7)
B_{MSY}	425,6 тыс. т. (427,9–444,6)
Текущий вылов (2017 г.)	78,5 тыс. т
Расчетный вылов (2011 г.)	64,900–94,000 (в среднем 86,000 т)
Относительная нерестовая биомасса (B2014/BMSY)	0,71–1,36 (0,95)
Относительная промысловая смертность	F2014/FMSY 0,53–1,35 (в среднем 0,77)

ректируются на основании последних научных оценок.

Ограничения вылова по странам соответствуют многолетней программе и представлены в таблице 10.

Ограничения вылова не применяются к странам, у которых годовой вылов большеглазого тунца в районе в 1999 г. был менее 2100 т.

Синий тунец

Синий тунец является самым дорогим видом из семейства тунцовых, поэтому рыбаки проявляют к нему повышенный интерес. Анализ состояния запасов синего тунца также осуществляется один раз в три года. В последний раз такой анализ проводился в 2017 г. (Report ICCAT, 2017b). Расчеты оценки запасов выполняются для двух районов — западнее 45° з.д. и восточнее, включая Средиземное море. Для оценки запасов использовалась следующая информация: объем вылова, размерная и возрастная структура уловов, а также индексы численности за 1950–2017 гг., что позволило применить структурированные модели — модель VPA для восточного запаса и Stock Synthesis для западного запаса. Ниже приведены сведения по восточному запасу, исходя из того, что восточная Атлантика представляет больший интерес для отечественного рыболовства, чем западная. Оценка ориентира по промысловой смертности составила $F_{0,1} = 0,107$ (0,103–0,120), тогда как фактический уровень промысловой смертности в 2012–2014 гг. был

Таблица 9. Рекомендуемое количество судов при осуществлении промысла большеглазого тунца (Report, ICCAT, 2018a)

Страна	Ярусные суда	Кошельковые сейнеры
Китай	65	-
ЕС	269	34
Гана	-	13
Япония	245	-
Филиппины	5	-
Корея	14	-
Китай (Тайвань)	75	-

Таблица 10. Квоты на вылов большеглазого тунца различными странами в 2019 г., т (Report, ICCAT, 2018a)

Страна	Квота (т)
Китай	5 376
ЕС	16 989
Гана	4 250
Япония	17 696
Филиппины	286
Корея	1 486
Китай (Тайвань)	11 679
Другие	7 238
Всего	65 000

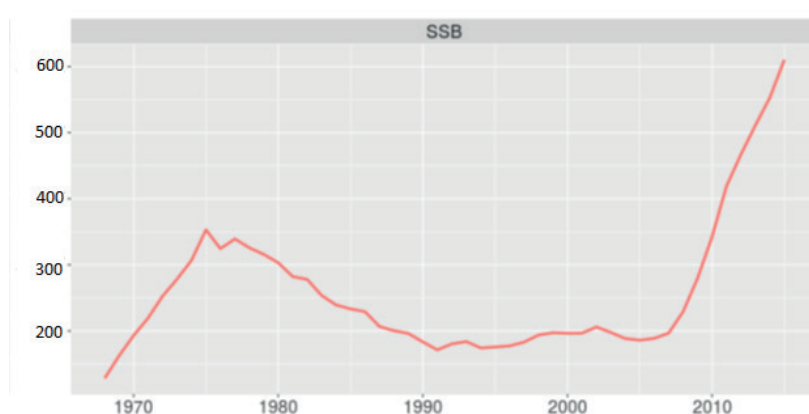


Рис. 3. Биомасса нерестового запаса синего тунца в Восточной Атлантике (тыс. т).

в три раза ниже ориентира. Выполненный анализ в 2017 г. показал, что в 2015 г. биомасса за 10 лет выросла в три раза и составила 610 тыс. т. Динамика биомассы нерестового запаса за период с конца 60-х годов

до 2015 г. характеризовалась двумя периодами высоких и низких значений биомассы (рис. 3).

Комиссия распределила квоты вылова синего тунца в Восточной Атлантике и Средиземном море на 2019 г. в пределах установленного ОДУ 32240 т в следующем порядке (табл. 11).

Комиссия распределила квоты вылова синего тунца в Западной Атлантике на 2019 г., исходя, из рекомендованного наукой ОДУ 2350 т, в порядке указанном в таблице 12.

Длиннопёрый тунец

Длиннопёрый тунец представлен тремя запасами — атлантическим (северным

Таблица 11. Квоты на вылов синего тунца различными странами в Восточной Атлантике и Средиземном море в 2019 г., (т)

Страна	Квота, т
Албания	156
Алжир	1446
Китай	90
Египет	266
ЕС	17625
Исландия	147
Япония	2544
Корея	184
Ливия	2060
Марокко	2948
Норвегия	239
Сирия	73
Тунис	2400
Турция	1880
Китай (Тайвань)	84
Общее	32140
Резерв	100
Всего	32240

Таблица 12. Квоты на вылов синего тунца различными странами в Западной Атлантике в 2019 г., (т)

Страна	Квота, т
США	1248
Канада	515
Япония	407
Англия (заморская территория)	5
Франция (заморская территория)	5
Мексика	128
Резерв	44
Всего	2350

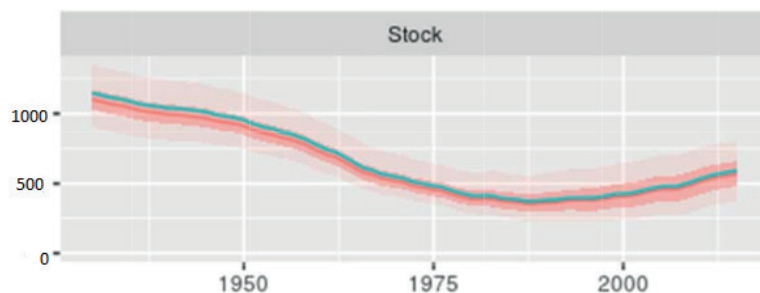


Рис. 4. Биомасса промыслового запаса длиннопёрого тунца в Северной Атлантике (тыс. т).

и южным, линия разграничения проходит по экватору) и средиземноморским. Анализ состояния запасов длиннопёрого тунца осуществляется один раз в четыре года. В последний раз оценка состояния запасов атлантического тунца выполнялась в 2016 г. (Report, ICCAT, 2016b). Оценка состояния средиземноморского запаса проводилась в 2017 г.

Ниже приведены сведения по североатлантическому запасу, исходя из того, что северная Атлантика представляет для отечественного рыболовства наибольший интерес. Доступная информация — объем вылова и индексы численности за 1959—2015 гг. позволяла применять продукционные модели. Для оценки состояния запаса использовались модели ASPIC и *trb*. MSY оценили на уровне $37 \pm 3,4$ тыс. т. Оценка B_{MSY} составила $408 \pm 53,5$ тыс. т. В 2015 г. биомасса составила 554 тыс. т ($1,36 B_{MSY}$). Динамика биомассы промыслового запаса приведена на рисунке 4.

ИККАТ распределила квоты вылова длиннопёрого тунца Северной Атлантики между странами на 2018—2020 гг., исходя из установленного в соответствии с научными рекомендациями ОДУ, равным 33,6 тыс. т, в следующем порядке (табл. 13).

Состояние запасов группы малые тунцы

Согласно классификации и терминологии, принятой в ИККАТ (Report..., 2018—2019 (2018a)), группа малые тунцы представлена следующими видами: чер-

ный, скумбровидный тунцы, пеламида, орцинопис (*Orcynopsis unicolor*), макрель испанская (*Scomberomorus brasiliensis*), макрель (*Scomberomorus regalis*), макрелевый тунец (*Auxis thazard*), королевская макрель (*Scomberomorus cavalla*), макрели (*Scomberomorus spp.*), пятнистый тунец (*Euthynnus alletteratus*), западноафриканская макрель (*Scomberomorus tritor*), испанская макрель (*Scomberomorus maculatus*), ваху (*Acanthocybium solandri*), корифена (*Coryphaena hippurus*). Перечисленные виды широко распространены в прибрежных и океанических районах, включая островные зоны. Встречаются в тропических, субтропических и умеренных водах Атлантики и Средиземного моря, как правило, на горизонтах выше термоклина, что позволяет отнести их к тропическим видам. Популяционная структура видов не изучена и предполагает существование отдельных единиц запаса в пределах ареалов.

Таблица 13. Квоты на вылов длиннопёрого тунца в Северной Атлантике различными странами в 2019 г., (т) (Report, ICCAT, 2018a)

Страны	Квота, т
ЕС	25 861
Китай (Тайвань)	3 926
США	632
Венесуэла	300
Другие	2 881
Всего	33 600

Скопления малых тунцов облавливаются поверхностными орудиями лова (кошельками, неводами, дрифтерными сетями и близнецовыми тралями, удебными орудиями лова с использованием живой приманки, троллями и поверхностными ярусами).

По статистическим данным, предоставленным ИККАТ, ежегодный вылов черноперого тунца в 2000–2017 гг. изменялся в пределах 61,5–132,3 тыс. т (рис. 5). Однако, дополнительный улов в размере 12,4–47,1 тыс. т., основанный на расчетах экспертов по данным выхода товарной продукции от сырца, в статистике не учитывался, т.к. информация у производителей по видовому составу промысла отсутствовала.

Из 14 видов группы семь видов составляют 82% уловов. К ним относятся: пелагида — 34%, пятнистый тунец — 14%, макрелевидный тунец — 13%, макрели — 11%, скумбровидный тунец — 5%, испанская макрель — 5%. В 1980–1988 гг. отмечался рост вылова черноперого тунца, который достиг максимума в 1988 г. — 145,5 тыс. т. С 1989 г. по 2004 гг. отмечалось резкое снижение вылова до 80 тыс. т. Минимальный вылов за-

регистрирован в 2008 г. 68,3 тыс. т (рис. 5). Исторически максимальный вылов достигал 148,6 тыс. т. Вылов 2017 г. составил 89,4 тыс. т. Причина больших межгодовых колебаний уловов объясняется неполным предоставлением данных по статистике промысла в ИККАТ.

По экспертным оценкам годовой вылов этой группы рыб может составить 300–350 тыс. т. Ограничений по промыслу малых тунцов в рамках ИККАТ нет, но регулирование на региональном уровне в пределах ИЭЗ прибрежных стран возможно.

Чернопёрый тунец

Возможности оценки состояния запаса чернопёрого тунца рассматривалась на группе по оценке малых тунцов в 2018 г. (Report ICCAT, 2018с). Для этого вида характерен дефицит информационного обеспечения. Наличие только данных по вылову с 1950 по 2016 г. недостаточно для оценки запасов. Информация о размерных характеристиках фрагментарна. Оценка состояния запаса до настоящего времени не выполнялась.

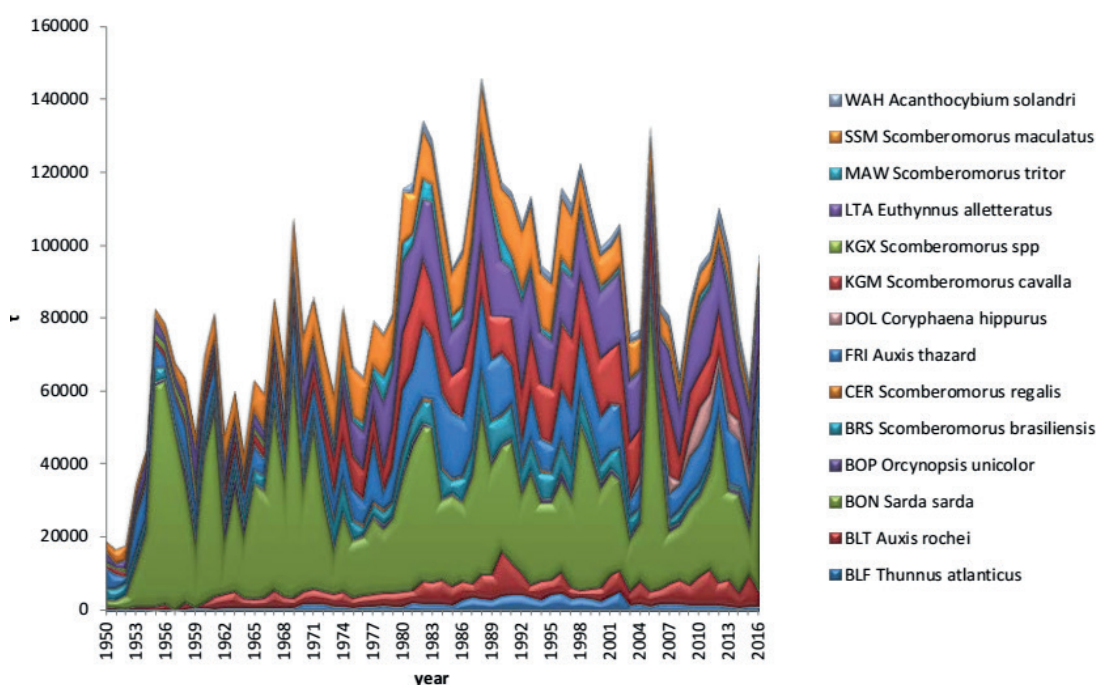


Рис. 5. Вылов группы «малые тунцы» в Атлантике в 1950–2016 гг., (т) (Report, ICCAT, 2017a).

Пятнистый тунец

Данный вид представлен пятью единицами запаса — северо-западной, северо-восточной, юго-западной, юго-восточной и средиземноморской. Возможность оценки состояния запасов пятнистого тунца рассматривалась на группе по оценке «малых тунцов» в 2018 г. (Report ICCAT, 2018с). Для этого вида также характерен дефицит информационного обеспечения. Есть данные по вылову с 1950 по 2016 гг. Информация о размерных характеристиках доступна для всех запасов, за исключением юго-западного. В будущем возможно применение методов, основанных на анализе данных по размерному составу уловов. Оценка состояния запаса до настоящего времени не проводилась.

Макрелевый тунец

Данный вид также представлен пятью единицами запаса — северо-западной, северо-восточной, юго-западной, юго-восточной и средиземноморской. Возможности оценки состояния запасов пятнистого тунца рассматривались на группе по оценке «малых тунцов» в 2018 г. (Report ICCAT, 2018с). Для данного вида тоже характерен дефицит информационного обеспечения. Известны данные по уловам с 1950 по 2016 гг. Информация о размерных характеристиках доступна только для трех запасов Северной Атлантики. Специалисты рабочей группы пришли к выводу, что применение методов, основанных на анализе данных по размерному составу уловов (LBSPR) или методов, основанных на уловах, возможно в будущем.

Скумбриевидный тунец

Данный вид также представлен пятью единицами запаса — северо-западной, северо-восточной, юго-западной, юго-восточной и средиземноморской. Возможности оценки состояния запасов скумбриевидного тунца рассматривалась на группе по оценке «малых тунцов» в 2018 г. (Report ICCAT, 2018с). Данные по вылову известны с 1950 по 2016 гг. Информация о размерных характеристиках доступна для трех запасов

северной Атлантики и Средиземного моря. В будущем возможно применение методов, основанных на анализе данных по размерному составу уловов (LBSPR) или методов, основанных на статистике вылова.

Пеламида

Пеламида представлена пятью единицами запаса — северо-западной, северо-восточной, юго-западной, юго-восточной и средиземноморской. Возможности оценки состояния запасов пелакиды рассматривались на рабочей группе по оценке «малых тунцов» в 2018 г. (Report ICCAT, 2018 с). Данные промысловой статистики по вылову в 1950—2016 гг. имеются. Информация о размерных характеристиках доступна для трех запасов северной Атлантики и Средиземного моря. В будущем возможно применение методов оценки биомассы, основанных на анализе данных по размерному составу уловов (LBSPR) и методах, основанных на статистике вылова.

Другие виды

Другие виды «малых тунцов» (ваху, орцинопсис, макрель испанская, макрель, королевская макрель, западноафриканская макрель, испанская пятнистая макрель, корифена). Возможности оценки состояния запасов малых тунцов рассматривалась на профильной рабочей группе ИККАТ в 2018 г. Известны уловы с 1950 по 2016 г. Информация о размерных характеристиках считается недостаточной. Оценка состояния запаса до настоящего времени не проводилась.

Научные исследования и сбор статистических данных

Наблюдатели Атлантического филиала ФГБНУ «ВНИРО» на регулярной основе осуществляют сбор биологических материалов по тунцовым видам рыб на траловых судах в районе Центрально-Восточной Атлантики (район SJ71 согласно классификации ИККАТ). Данные включали измерение длины рыб, массы тела, опреде-

ление пола и стадий зрелости гонад, степени наполнения желудков.

Пеламида, за исключением марта и апреля, круглогодично встречалась в уловах в районе $16^{\circ}12' - 28^{\circ}22'$ с.ш. В уловах присутствовали особи длиной 29–67 см. Средняя длина составляла 47,2 см. Доля незрелых рыб достигала 51%, частично отнерестившихся 31% и созревающих 15%, нерестующих и в преднерестовом состоянии — 3%.

Скумбровидный тунец встречался в уловах на участке $16^{\circ}12' - 28^{\circ}11'$ с.ш. в январе, июне — декабре. Длина особей колебалась от 27 до 38 см, среднее значение — 34,2 см. В указанный период в уловах преобладали незрелые (44%) и частично отнерестившиеся особи (45%) тунца, в преднерестовом состоянии — 11%.

Макрелевый тунец встречался в уловах на участке $16^{\circ}30' - 24^{\circ}32'$ с.ш. в мае — ноябре. В период наблюдений особи имели длину 27–36 см, средняя длина составляла 33,0 см. Тунец был представлен незрелыми (60%), частично отнерестившимися (30%) и созревающими (10%) рыбами.

Пятнистый тунец в уловах отмечался в районе $16^{\circ}12' - 18^{\circ}31'$ с.ш. в мае и июне. Длина рыб варьировала от 29 до 52 см. Средняя длина составляла 37,6 см. Не достигшие половой зрелости особи составляли 21%, частично отнерестившиеся 70%, а доля посленерестовых рыб достигала 9%.

Полосатый тунец присутствовал в уловах на участке $21^{\circ}20' - 28^{\circ}18'$ с.ш. в октябре—декабре. Длина особей колебалась от 36 до 50 см. Средняя длина составляла 46,0 см. Вид представлен преимущественно незрелыми (79%), созревающими (11%) и посленерестовыми рыбами (10%).

МЕРЫ ПО СОХРАНЕНИЮ И УПРАВЛЕНИЮ ЗАПАСАМИ

При ведении тралового промысла в районах, где в прилове предполагается встречаемость тунцов и близких к ним видов, применяются требования и рекомендации ИККАТ по соблюдению ограничений на

промысле тунцов и запрету вылова квотируемых видов.

Суда в реестре ИККАТ

В 2017 г. в реестре ИККАТ находилось 13 российских крупнотоннажных траулеров, которые периодически работали в районе Центрально-Восточной Атлантики и в прилове которых присутствовали мелкие виды тунцов и пеламида.

В 2018 г. в реестре ИККАТ количество крупнотоннажных российских траулеров увеличилось до 18 единиц.

Система позиционирования судов (VMS)

В соответствии с Рекомендациями ИККАТ по улучшению оснащения VMS на всех судах установлена спутниковая мониторинговая система.

Закрытие сезона промысла

Промысел судами России не велся с 01 по 30 ноября и с 01 января по 28 февраля в районах, указанных в рекомендациях.

Программа наблюдателей

Россия осуществляет выполнение программы наблюдателей «Малые тунцы в траловом промысле». На промысловых судах с 2006 г. наблюдатели проводят регулярный сбор биологических данных в районе Восточной Атлантики в пределах исключительных экономических зон Марокко и Мавритании. В 2017–2018 гг. на борту траловых судов, находящихся в Конвенционном районе ИККАТ, присутствовали наблюдатели, ведущие мониторинг промысла и сбор промыслово-биологических данных. В 2017 г. наблюдатели присутствовали на 11% траулеров. Наблюдатели выполняли следующие работы: определение видового состава тунцов, определение количества тунцов в прилове, оценка биологического состояния видов. Была собрана информация о технических характеристиках промысловых судов, орудиях и параметрах лова, координатах тралений. Присутствие наблюдателей на траловых судах, которые регулярно ведут сбор материалов о прилове тунцов

и близких видов, повышает качество российских статистических данных. В дальнейшем статистические данные направляются в ИККАТ в виде таблиц Task1 и Task II.

О промысловых судах России, деятельность которых связана с тунцами

В соответствии с рекомендациями ИККАТ о ежегодном представлении в Секретариат информации о судах, осуществляющих добычу, выгрузку, перегрузку, обработку, хранение, транспортировку тунцов и сопутствующих видов (макрели, пелагида, мечерылые рыбы, акулы), необходимо включать в соответствующие реестры ИККАТ траловые суда, работающие в ИЭЗ стран Западной Африки. Требования ИККАТ распространяются не только на специализированные тунцеловные суда, но и на траулеры, в прилове которых могут встречаться тунцы, а также приемно-транспортные суда, в перегружаемой продукции которых могут встречаться тунцы и сопутствующие виды рыб. Российские суда постоянно или периодически ведут траловый промысел в тропической и субтропической зонах конвенционного района ИККАТ в Атлантическом океане и в том числе в ИЭЗ государств Западной Африки. Поэтому рекомендации ИККАТ распространяются и на суда России. Регистрация 18 траулеров России действует до 31 декабря 2020 г. В существующий реестр судов необходимо дополнительно вносить траулеры и другие суда России, промысловая и иная деятельность которых будет в 2020 г. связана с конвенционными видами ИККАТ.

Деятельность судов в Конвенционном районе ИККАТ, в прилове которых и/или перегрузках предполагается наличие тунцов и сопутствующих видов, и не внесенных в реестры ИККАТ, расценивается Комиссией как ННН-промысел.

Информационная система электронной документации вылова синего тунца (eBCD)

В рамках информационной системы eBCD (Rec. 17–09) в 2018 г. зарегистри-

ровано три организации России для импорта синего тунца, одна заявка отклонена.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В зоне действия ИККАТ осуществляется широкомасштабный промысел тунцовых рыб, с ежегодным выловом более 600 тыс. т. В промысле участвуют 60 стран-членов ИККАТ, и пять стран, сотрудничающих с ИККАТ.

В течение 10 лет наблюдается неуклонный рост вылова полосатого, желтоперого, пятнистого и макрелевого тунцов.

На долю кошелькового промысла приходится 71% от общего вылова. Основными промысловыми видами являются полосатый тунец (скипджек) и желтоперый тунец, составляющие $\frac{3}{4}$ от общего улова.

Мониторинг состояния запасов наиболее массовых видов тунцов осуществляется на основе применения методов математического моделирования с использованием данных промысловой статистики и линейных размеров.

Объем рекомендуемого ежегодного вылова и распределение квот по странам-членам ИККАТ осуществляется на очередных сессиях ИККАТ, проходящих один раз в два года.

Для России, являющейся членом ИККАТ, промысел тунцов в перспективе представляет значительный интерес.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Hordyk A., Ono K., Valencia S., Loneragan N., Prince J. A novel length-based empirical estimation method of spawning potential ratio (SPR), and tests of its performance, for small-scale, data poor fisheries // *ICES J. Marine Scien.* 2015. V. 72. № 1. P. 217–231.

Berg C.W., Nielsen A. Accounting for correlated observations in an age-based state-space stock assessment model/ *ICES Journal of Marine Scien.* 2016. V. 73. № 7. P. 1788–1797.

Dick E.J., MacCall A.D. Depletion-Based Stock Reduction Analysis: A

- catch-based method for determining sustainable yields for data-poor fish stocks // *Fish. Res.* 2011. V. 110. P. 331–341.
- Kell L., Arrizabalaga H., De Bruyn P., Merino G., Mosqueira I., Sharma R., Ortiz de Urbina J. Validation of the biomass dynamic stock assessment model for use in a management procedure. / *ICCAT Collect. Vol. Sci. Pap.*, 2017 V. 73(4) P. 1354–1376
- Martell S., Froese R. A simple method for estimating MSY from catch and resilience // *Fish and Fisheries*. 2013. V. 14. P. 504–514.
- Methot R.D., Wetzel C.R. Stock Synthesis: A biological and statistical framework for fish stock assessment and fishery management // *Fish. Res.* 2013. V. 142. P. 86–99.
- Pella J.J., Tomlinson P.K. A Generalized Stock Production Model // *Bull. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm.* 1969. V. 13. P. 421–496
- Pons M., Kell L., Rudd M.B., Cope J.M., Fredou F.L. Performance of length-based data-limited methods in a multi-fleet context: application to small tunas, mackerels and bonitos in the Atlantic Ocean / *ICES Can. J. Fish. Aquatic Scien.* ICES J. Mar. Scien. 2019. Vol. 76. Issue 4. P. 960–973.
- Porch C.E. A two-area VPA with discrete mixing: Can we discriminate between mixing rates given the present condition of the data? / *ICCAT Coll. Vol. Sci. Pap.* 1995. V. 44 (1): 198–208.
- Prager M. H. A suite of extensions to a nonequilibrium surplus-production model / *Fish. Bull.* 1994. V. 92. P. 374–389.
- Rudd M.B., Thorson J.T. Accounting for variable recruitment and fishing mortality in length-based stock assessments for data-limited fisheries // *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2018. V. 75(7). P. 1019–1035.
- Walters C.J., Martell S.J.D., Korman J. A stochastic approach to stock reduction analysis // *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2006. V. 63 (1). P. 212–223.
- Winker H., Carvalho F., Kapur M. JABBA: Just Another Bayesian Biomass Assessment / *Fisheries Research*. 2018. V. 204. P. 275–288.
- FAO. *Fisheries and Aquaculture Department, Accessible via: Fishery and Aquaculture Country Profiles*. 2018. <http://www.fao.org/fishery/countryprofiles/search/en>.
- Report of the 2014 ICCAT east and west Atlantic skipjack stock assessment meeting* (Dakar, Senegal – June 23 to July 1, 2014) 2014. P. 1–98. https://www.iccat.int/Documents/Meetings/Docs/2014_SKJ_ASSESS_ENG.pdf.
- Report of the 2016 ICCAT Yellowfin tuna data preparatory meeting* (San Sebastián, Spain – March 7 to 11, 2016). 2016a. P. 1–31. https://www.iccat.int/Documents/Meetings/Docs/2016_YFT_DATA_PREP_REPORT_ENG.pdf.
- Report of the 2016 ICCAT North and South Atlantic albacore stock assessment meeting* (Madeira, Portugal – April 28 to May 6, 2016). 2016b. P. 1–99. https://www.iccat.int/Documents/Meetings/Docs/2016_ALB_REPORT_ENG.pdf.
- Report for biennial period, 2016–17, ICCAT PART I* (2017) – Vol. 2 English version SCRS Madrid, Spain. 2017a. P. 1–426. Accessible via: https://www.iccat.int/Documents/BienRep/REP_EN_16–17_II–2.pdf.
- Report of the 2017 ICCAT Bluefin stock assessment meeting* (Madrid, Spain 20–28 July. 2017. P. 1–106. https://www.iccat.int/Documents/Meetings/Docs/2017_BFT_ASS_REP_Eng.pdf.
- Report of the 2018b ICCAT Bigeye tuna stock assessment meeting* (Pasaia, Spain 16–20 July, 2018), P. 1–92. https://www.iccat.int/Documents/Meetings/Docs/2018/REPORTS/2018_BET_SA_ENG.pdf
- Report of the 2018 ICCAT Small tuna species group intersessional meeting* (Madrid, Spain 2–6 April 2018). 2018c. P. 1–39. https://www.iccat.int/Documents/Meetings/Docs/2018/REPORTS/2018_SMT_REP_ENG.
- Report for biennial period, 2018–19, ICCAT PART I* (2018) Vol. 2. English version SCRS Madrid, Spain 2019. 2019. P.

1–443. Accessible via: https://www.iccat.int/Documents/BienRep/REP_EN_18–19_I–2.pdf. *Statistic Bulletin, ICCAT*. Accessible via: https://www.iccat.int/en/pubs_sbull.html, 2017. Vol. 43 (II). 25.10. 2

TUNA FISHERIES AND STOCKS IN THE ICCAT AREA

O.A. Bulatov, K.V. Bandurin, A.A. Nesterov, A.I. Mikhailov

*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, 107140
Atlantic Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography,
Kaliningrad, 236022*

Large-scale tuna fishing with annual catch of more than 600 thousand tons is carried out in the ICCAT area. In the fishery involved 60 countries-members, and 5 countries, collaborating with ICCAT. For 10 years, there has been a steady increase in the catch of skipjack, yellowfin, spotted and mackerel tunas. Purse-seine fishing accounts for 71% of the total catch. The main commercial species are striped tuna (skipjack) and yellowfin tuna, which are $\frac{3}{4}$ of the total catch. Monitoring of the status of stocks of the most abundant tuna species is carried out on the basis of the application of analytical approach methods using data of fishery statistics and linear dimensions. The amount of recommended annual catch and allocation of quotas to ICCAT countries-members is carried out at regular sessions of ICCAT. For Russia, a member of ICCAT, the resumption of tuna fishing is very promising.

Key words: tunas, catch, ICCAT, analytical approach methods.

ПРОМЫСЕЛ ГИДРОБИОНТОВ

УДК: 629.124.72 (268.45)

**ИЗМЕНЕНИЯ В СТРУКТУРЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ФЛОТА НА СЕВЕРНОМ
РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОМ БАССЕЙНЕ В ПЕРИОД С 2003 ПО 2018 ГГ.
И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАНДАРТНЫХ ТИПОВ СУДОВ**

© 2019 г. Е. В. Гусев, Н. И. Лебедь, Н. А. Ярагина

*Полярный филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства
и океанографии (ПИНРО), г. Мурманск, 183008*

E-mail: goose@pinro.ru

Поступила в редакцию 6.06.2019 г.

В настоящее время для настройки оценки отдельных запасов, в частности трески Баренцева моря, математическими методами используются показатели производительности некоторых стандартных типов судов. Проведен анализ изменения структуры рыболовного флота на траловом донном промысле трески в Баренцевом море и сопредельных водах, а также динамика вклада в вылов трески с приловом судов разных типов за период 2003–2018 гг. Выполнен сравнительный анализ производительности массовых типов судов с производительностью используемого в настоящее время в качестве стандартного типа судов ПСТ. Определено, что в настоящее время можно использовать в качестве стандартного показателя судов типа Н/С-2.

Ключевые слова: Баренцево море, донный траловый промысел, типы судов

ВВЕДЕНИЕ

Долговременное устойчивое разумное рыболовство требует знаний об экосистеме водоема, ресурсы которого эксплуатируются рыбным промыслом, включая информацию о численности и биомассе облавливаемого вида, его биологии, размножении, миграциях, питании, меж- и внутривидовых связях видов/особей в экосистеме, также и связях организмов с факторами среды, т.е. образно говоря — о «здоровье и благополучии» запасов в постоянно меняющихся климатических условиях. Для стабильного устойчивого промысла в рамках предосторожного подхода, принятого в мире (FAO, 1995; Бабаян, 2000), нужно также знание о реалиях промысла, т.е. о том, какие типы судов работают на водоеме, какие объекты облавливают, с какой эффективностью и какими орудиями лова. Все это необходимо для правильного управления рыболовством на бассейне, нахождения долей распределения ресурсов между участниками промысла, определения

технических мер регулирования промысла. Немаловажную роль для оценки состояния запасов играют и показатели производительности (или эффективности) промысла, которые могут быть выражены по-разному, например, в общем улове, улове конкретного вида на сутки лова/промысла, на 1 час траления, на 1000 крючков яруса, на 1000 квт-дней и т.д. До эры специализированных научных съемок, используемых в настоящее время для определения численности запаса и пополнения, вышеуказанные показатели служили одним из индикаторов величины рыбных ресурсов. Да и в настоящее время показатели производительности некоторых стандартных (реперных) типов судов (или промыслов) служат (наряду с результатами съемок) индексами для настройки оценки отдельных запасов математическими методами (ICES, 2018). К таким показателям, тем не менее, следует относиться с большой осторожностью, т.к. срок службы судов (даже реперных) имеет свои пределы, кроме того, даже в процессе их эксплуатации возможны

модернизации судов, установка новейшего оборудования, которая может существенно изменить эффективность работы судна. Такая «ползучая модернизация» — *technological creep* (Marchal et al., 2007; Eigaard, 2014) отмечена в литературе как повышающая уловистость судов.

Все эти соображения побудили нас обратиться к изучению структуры отечественного флота на Северном бассейне, ее изменению за последние 15–20 лет, поиску некоего нового реперного типа судов, адекватно характеризующего донный промысел в настоящее время.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

При расчете промысловых показателей отечественных судов (общий вылов, видовой состав вылова, количество суток на промысле/лове и другие) использовались данные суточных судовых донесений отраслевой системы мониторинга, поступающие в информационный центр отраслевой системы мониторинга.

Анализировалась промысловая деятельность следующих основных типов судов, осуществляющих донный траловый промысел в Баренцевом море и сопредельных водах:

БМРТ — большие морозильные рыболовные траулеры, 1397–5920 кВт;

КРМТ — кормовой рыболовный морозильный траулер типа «Иван Шаньков», 1920 кВт;

МКРТМ — малый креветко-рыболовный траулер морозильный типа «Лаукува», «Леда», «Омар», 290–590 кВт;

МРТР — малый рыболовный траулер рефрижераторный, 220–590 кВт;

Н/СЕР 0 — суда несерийные мощностью до 1000 кВт;

Н/СЕР 1 — суда несерийные мощностью от 1000 до 2000 кВт;

Н/СЕР 2 — суда несерийные мощностью более 2000 кВт;

ПСТ — средний рыболовный траулер рефрижераторный (посольно—свежье-

вой траулер) типа «Баренцево море», 1620 кВт;

СРТМ — средние рыболовные траулеры морозильные, 615–735 кВт;

СТМ (ТСМ) — траулер-сейнер морозильный типа «Орленок», 1770 кВт;

СТРА — сейнер-траулер рефрижераторный типа «Альпинист», 970 кВт.

Средние доли вылова судами разного типа от общего вылова и показатели производительности промысла судов по месяцам и годам вычислены с помощью программы Excel 2016.

Статистические характеристики связи между показателями биомассы запаса трески и среднегодовой производительностью промысла разных типов судов в период 2000–2017 гг. получены по программе STATISTICA (version 10, Statsoft Inc.). При этом вычислялись коэффициент детерминации между указанными показателями, уровень значимости (ρ) и критерий Стьюдента (t).

Величины промыслового и нерестового запасов северо-восточной арктической (СВА) трески взяты из отчета Рабочей группы ИКЕС по арктическому рыболовству (ICES, 2018).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изменения в структуре флота

Изменения в структуре рыболовного флота с течением времени является очевидным фактом, не требующим особых доказательств, поскольку техника судостроения постоянно развивается, появляются новые материалы, технологии, приборы, способы лова и обработки. Кроме того, популярные ранее (массовые) типы судов устаревают не только морально, но и физически.

Первые траловые суда появились в Баренцевом море в 20-е годы прошлого века (Маслов, 1944; Бенко, Пономаренко, 1972; Треска Баренцева моря, 1996). Бурное развитие донного тралового промысла было основано на судах типа РТ (рыболовный траулер). Они были доминирующим ти-

пом судов на Северном бассейне в течение довольно долгого периода — с 30-х по 60-е годы прошлого века (Пономаренко, 1965; Константинов, 1967; Мухин, 1967).

Затем на бассейне появились суда типа ПСТ (среднетоннажный посольно-свежевой траулер). Так, в течение 1973—1983 г. на Северный бассейн был поставлен 61 траулер типа «Баренцево море» (ПСТ), которые были доминирующими на промысле трески, пикши и других донных рыб в 1970—1990-е гг. Производительность промысла этого типа судов использовалась в качестве стандартной (Бойцов и др. 1987; Ярагина и др. 1996; ICES 2018) в течение многих лет.

Затем распад Советского Союза, политические и экономические реформы 90-х годов прошлого века внесли свои коррективы в развитие рыбной отрасли и привели ее к острейшему системному кризису. В ходе экономических реформ большинство крупных компаний времен Советского Союза, имеющих большой опыт организации промысла, работа которых контролировалась государством, прекратили свое существование или были сильно сокращены. Суда, принадлежавшие этим компаниям, перешли в собственность большого количества мелких фирм и частных судовладельцев, которые не обладали достаточным потенциалом для поддержания технического состояния (оснащения) судов на должном уровне и ведения рентабельного промысла.

Кризисное состояние рыбной отрасли в 1990—2000 гг. отразилось в динамике количественного и качественного состава промыслового флота, работающего в Северной Атлантике и Баренцевом море (Гусев и др., 2010). Начиная с 2000 г. отмечалось снижение количества судов-суток лова, а с 2001 г. началось сокращение количества судов. Отмечаемая тенденция наблюдается по настоящее время на донном траловом промысле трески в Баренцевом море (табл. 1).

В годы перестройки были «потеряны» судостроительные заводы, принадлежавшие Советскому Союзу и странам Совета экономической взаимопомощи (СЭВ).

Практически прекратилось строительство больших и средних рыболовных судов.

Амортизационный период для судов составляет 15—20 лет. По истечении этого срока ужесточаются регистровые требования к судам, что, в конечном итоге, повышает затраты на их содержание. Износ судов в свою очередь снижает их производительность и рентабельность.

Судовладельцы были вынуждены модернизировать старый флот. Модернизация осуществлялась с целью ликвидации износа, повышения производительности лова, технологических возможностей судна, снижения энергетических затрат и шла, в основном, по следующим направлениям: замена главных двигателей на более экономичные, мощные и технически надежные, модернизация промысловых механизмов, переоборудование рефрижераторных судов в морозильные и повышение производительности уже имеющихся морозильных установок, приведение оснащения рыбных фабрик в соответствии с европейскими стандартами, замена рыбопоискового, навигационного оборудования и средств связи.

Однако, возможности модернизации большинства судов ограничены, что обусловлено как техническими характеристиками судов, так и их возрастом. Для судов, находящихся в эксплуатации, с возрастом, приближающимся к окончанию срока амортизационного периода, модернизация, как правило, неэффективна. Чаще всего ограниченные энерговооруженность и площадь производственных помещений устаревших судов не позволяют значительно повысить их технический уровень, что в большинстве случаев не ведет к заметному увеличению производительности промысла.

В конечном итоге, судовладельцы «списывали» старые суда и покупали или брали в аренду иностранные рыболовные суда, большинство из которых были в употреблении. В результате произошло существенное изменение качественного состава флота, осуществляющего донный траловый промысел трески в Баренцевом море.

Таблица 1. Количество судов основных типов и промысловых усилий, реализованных на отечественном донном траловом промысле трески в Баренцевом море в 2003–2018 г.

Тип судна		суток-лова	судов	Итого:	Прочие	СТРА	СТМ (ТСМ)	СРТМ	ПСТ	Н/С-2	Н/С-1	Н/С-0	МРТР	МКРТМ	КРТМ	БМРТ
Год	2003	12406	161			7	23	72	16	10	13			3	6	11
	2004	15545	176			8	30	66	25	13	16		1	1	6	10
	2005	17716	175		1	9	28	64	26	13	18		1		4	11
	2006	16489	152			7	26	55	21	12	20				4	7
	2007	13193	209		13	8	19	45	18	16	25		48	9	4	4
	2008	10725	165		10	4	20	30	15	16	20		37	8	4	1
	2009	10855	161		17	5	19	27	15	15	19		30	9	4	1
	2010	10488	141		8	5	17	25	15	15	15		30	7	4	
	2011	10849	129		2	5	17	23	13	18	16		27	4	4	
	2012	10475	125		2	6	14	21	10	18	16		29	5	4	
	2013	14956	134		1	6	12	21	10	24	16	1	32	6	2	3
	2014	13426	129		1	6	11	19	6	26	16	1	33	7	2	1
	2015	14285	130		1	5	8	17	5	31	17	2	34	7	2	1
	2016	15054	133			5	9	18	5	35	16	2	35	5	2	1
	2017	15229	137			4	10	18	4	36	17	2	37	6	2	1
	2018	13769	130			4	7	18	3	36	19	3	32	5	2	1

В 2003–2005 гг. на промысле трески в Баренцевом море работало до 26 судов типа ПСТ. К 2018 г. количество судов этого типа снизилось до трех (табл. 1). Схожая картина наблюдается по многим другим отечественным типам судов. В тоже время наблюдается увеличение несерийных судов иностранной постройки (Н/С) с 23 в 2003 г. до 58 в 2018 г.

За исследуемый период 2003–2018 гг. изменился вклад разных типов судов в вылов трески с приловом. В 2003–2007 гг. доля вылова судами типа ПСТ составляла в среднем 14,4%, судами типа СРТМ – 18%, судами типа СТМ – 11,9%. Появившиеся суда несерийной постройки Н/С-1 вы-

лавливали в среднем 8,9%, Н/С-2–16,2%. Небольшие доли вылова трески с приловом (от 1 до 7%) давали суда типа КРТМ, БМРТ, СТРА, ТФМФ, МКРТМ и ряд других (рис. 1).

В период 2013–2018 гг. доля вылова трески с приловом судами типа ПСТ, СРТМ, СРМ, КРТМ, БМРТ, СТРА, ТФМФ, МКРТМ сократилась до 1–7% (рис. 2). Доля судов типа Н/С-1 в вылове трески осталась примерно одинаковой, и доля судов типа Н/С-2 существенно увеличилась и составила в среднем около 51%.

Обновление добывающего флота на Северном бассейне постепенно реализуется. Замена устаревших судов происходит, не-

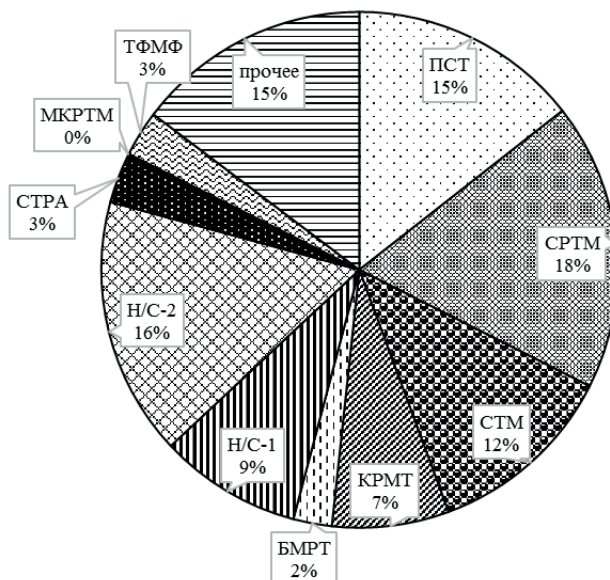


Рис. 1. Доля вылова трески с приловом судами разных типов в 2003–2007 гг.

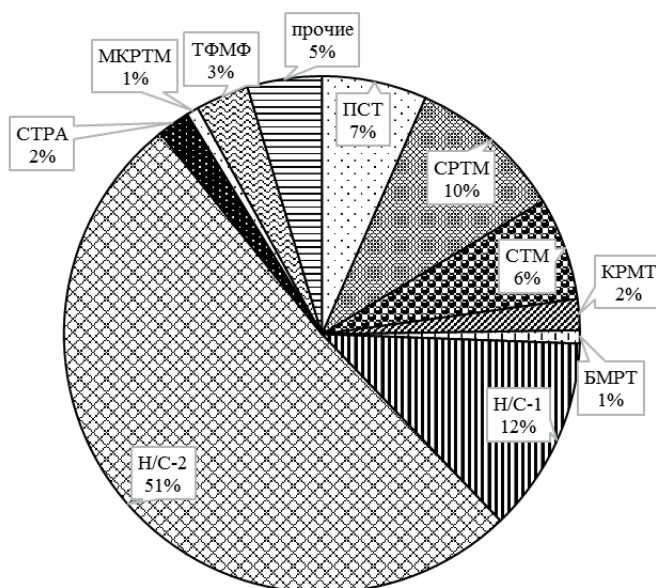


Рис. 2. Доля вылова трески с приловом судами разных типов в 2013–2018 гг.

смотря на все трудности, отсутствие кредитования/финансирования со стороны государственных структур. Иначе обстоит дело с научным флотом, который в принципе должен соответствовать или даже опережать по своим качествам рыболовный флот. Однако, научно-исследовательские суда, которые могут выполнять крупномасштабные исследования запасов в экосистеме Баренцева моря и сопредельных водах, уже устарели. Ситуация весьма неблагоприятная и грозит потерей

исторических рядов наблюдений за ситуацией в экосистеме Баренцева моря и сопредельных вод, а в итоге — невозможностью контролировать и правильно прогнозировать изменения запасов промысловых объектов.

Сравнение производительности судов разных типов на донном промысле

На рисунке 3 показано соотношение среднего вылова на промысле донных рыб на сутки лова и на час траления относительно

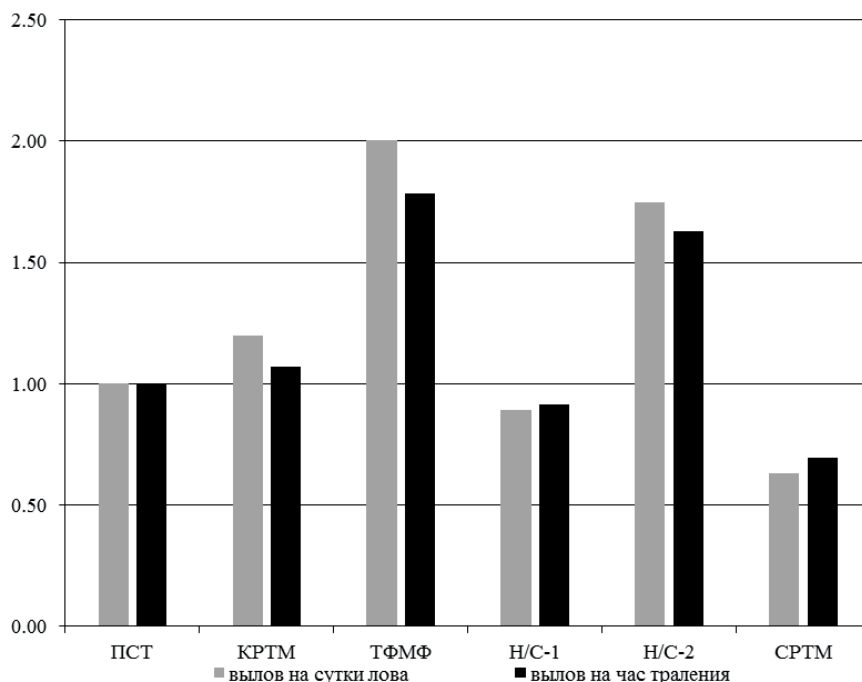


Рис. 3. Соотношение средней производительности промысла (на сутки лова и на час траления) за 2003–2018 гг. судов разных типов на промысле трески с приловом в Баренцевом море и сопредельных водах.

но показателей судов типа ПСТ, которые приняты за стандартные. Видно, что производительность наиболее велика у судов типа ТФМФ (в 1,8–2 раза) и судов типа НС-2 (в 1,6–1,7 раза). Менее эффективны, по сравнению с ПСТ суда типа СРТМ; близкие показатели производительности демонстрируют суда типа Н/С-1.

Межгодовая динамика соотношения вылова донных рыб на сутки лова для судов разных типов показана на рисунке 4. Колебания указанного соотношения были наиболее велики в начале исследуемого периода, т.е. в период, когда запас трески был ниже среднееголетнего. Причины такой динамики не вполне ясны, вероятно, это связано с возможностью полной обработки улова на крупных более современных судах.

Донный промысел в Баренцевом море и сопредельных водах характеризуется сезонными колебаниями производительности промысла (Треска Баренцева моря, 1996). Наиболее эффективный промысел обычно наблюдается в летний период, когда треска после нереста и зимовки концентрируется

в районах нагула, питаясь разнообразными кормовыми объектами и постепенно мигрируя в северном и восточном направлениях. Снижение производительности промысла наблюдается в сентябре–октябре, когда треска достигает окраин ареала и рассредоточивается. Такие сезонные изменения производительности промысла показывают все проанализированные нами типы судов (рис. 5). У судов типа Н/С-2 можно отметить также локальный пик производительности в феврале–марте, который наблюдается на облове скоплений «мойвенной» трески и нерестовой трески в Норвежской экономической зоне.

В Баренцевом море и сопредельных водах ведется донный промысел не только трески, но и пикши, морского окуня, морской камбалы, черного палтуса, креветки. В ряде районов идет смешанный промысел донных рыб. Места промысла могут сдвигаться по годам в зависимости от складывающейся обстановки, гидрологических особенностей, распределения кормовых объектов, путей миграций.

В Баренцевом море и сопредельных водах кроме промысла донными травами ве-

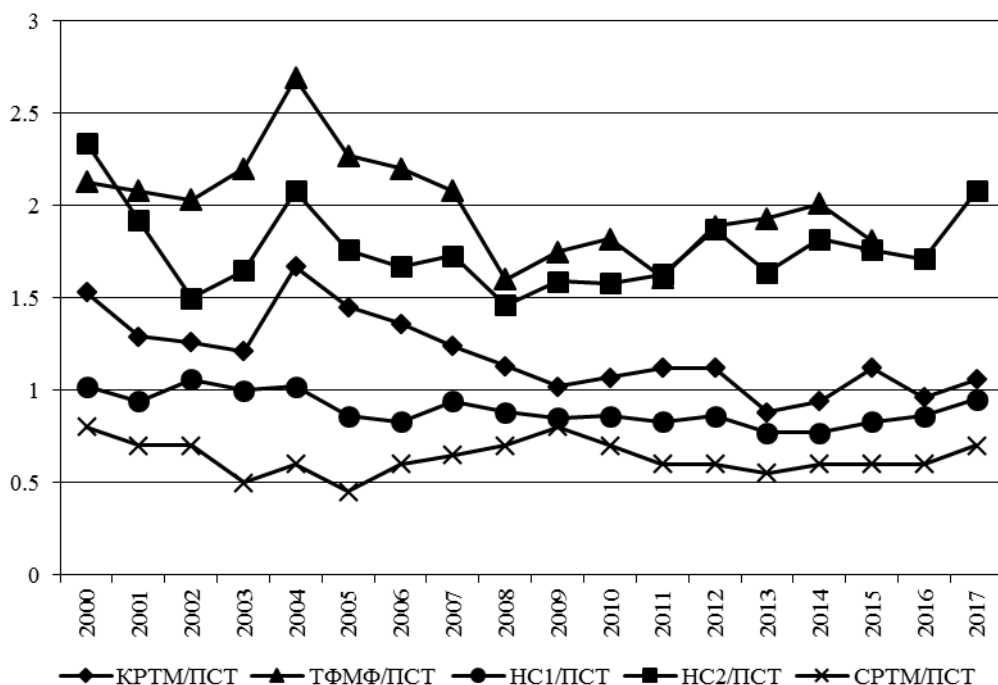


Рис. 4. Соотношение производительности промысла (на сутки лова) судов разных типов на промысле трески с приловом в Баренцевом море и сопредельных водах по годам.

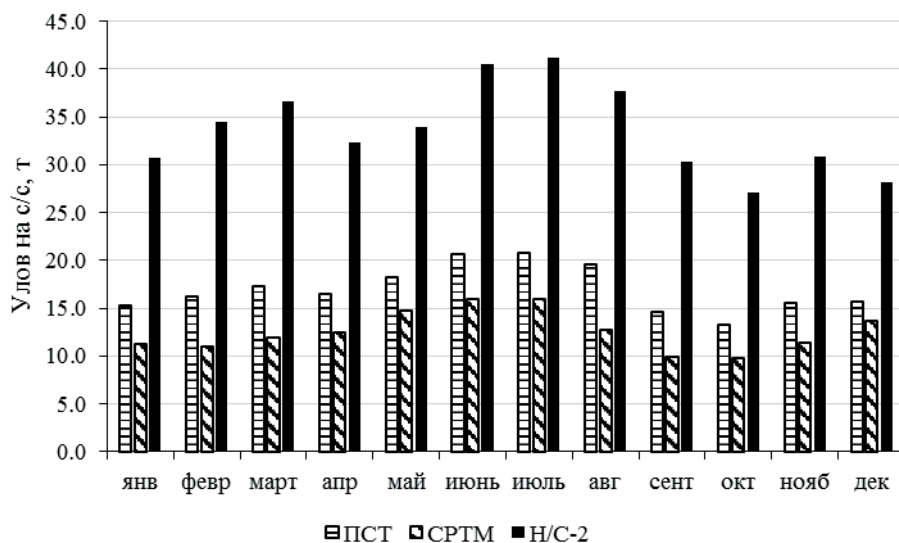


Рис. 5. Среднемноголетние изменения производительности трех типов судов по месяцам.

дятся промысел и другими орудиями лова — разноглубинный промысел мойвы, ярусный промысел донных рыб (преимущественно зубаток с приловом), промысел крабов ловушками. Прочие виды лова (драги, удочки, сети, кошельковый лов) составляют незначительную часть от общей мощности усилий,

затраченных на вылов всех объектов промысла отечественным флотом в Баренцевом море и сопредельных водах. Межгодовая динамика промысла разными видами орудий лова мало изменчива. Основную долю усилий составляют донный траловый промысел (в среднем 75%) и пелагический траловый

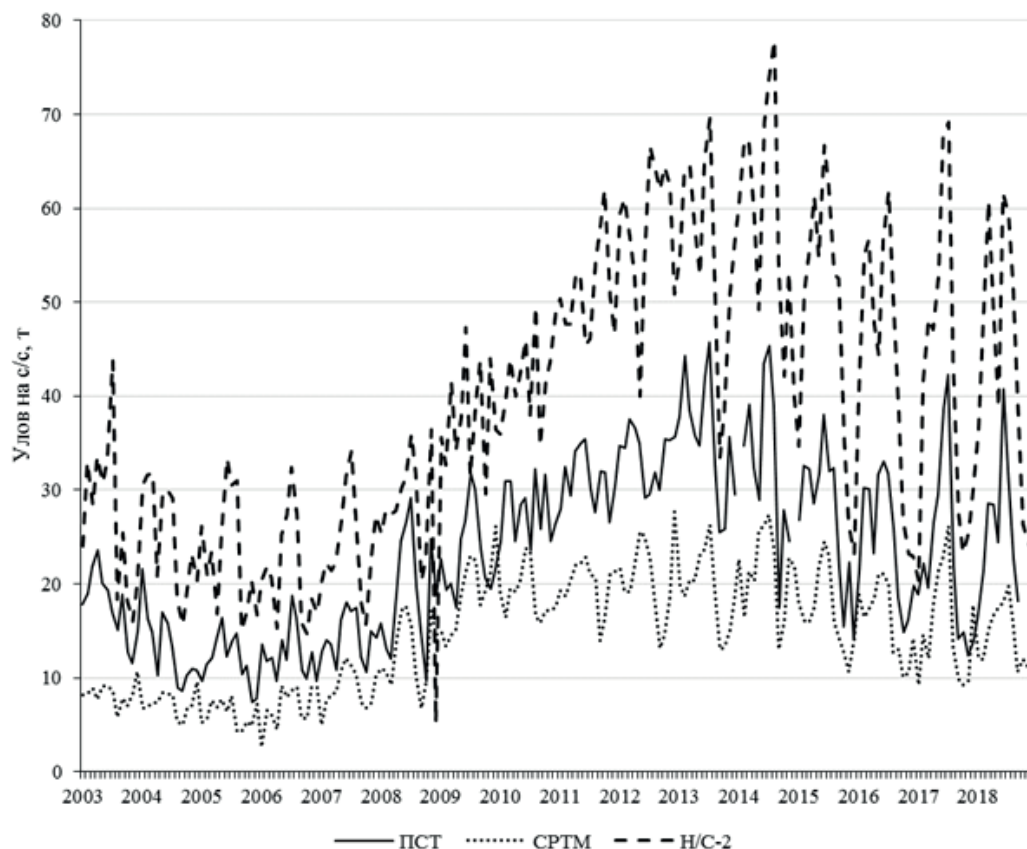


Рис. 6. Изменения производительности трех типов судов в 2003–2018 гг.

промысел (в среднем 15%); роль последнего увеличивается в годы с разрешенным промыслом мойвы. Ярусный промысел колеблется в пределах 5–7% общей мощности флота, ловушечный занимает в среднем 4% общей мощности флота.

Связь производительности судов и численности /биомассы запаса СВА трески

Изменения производительности разных типов судов на промысле трески с приловом по месяцам с 2003 по 2018 гг. показаны на рисунке 6. Видно, что изменения этих показателей происходили синхронно. За период 2003–2018 гг. отмечается высокая статистически значимая связь между показателями среднемесячной производительности судов этих типов: $R^2_{\text{ПСТ-СРТМ}} = 0,73$; $R^2_{\text{СРТМ-Н/С-2}} = 0,61$; $R^2_{\text{ПСТ-Н/С-2}} = 0,80$. Сезонная динамика производительности промысла

на судо-сутки лова наиболее резко выражена у судов типа Н/С-2, и наименее резко — у судов типа СРТМ.

Сопоставление показателей численности или биомассы запаса трески, оцененных аналитическими методами (ICES 2018), с показателями среднегодовой производительности разных типов судов на промысле трески с приловом весьма важно для нахождения стандартных (реперных) типов судов, адекватно характеризующих современное состояние запаса трески. Мы проанализировали три типа судна — ПСТ, СРТМ и Н/С-2 за период с 2000 по 2017 гг. Оказалось, что показатели производительности всех типов судов хорошо коррелируют с показателями биомассы запаса трески по оценкам рабочей группы ИКЕС по арктическому рыболовству (ICES 2018) (рис. 7, табл. 2). Наиболее сильная связь отмечается для показателей производительности судов типа

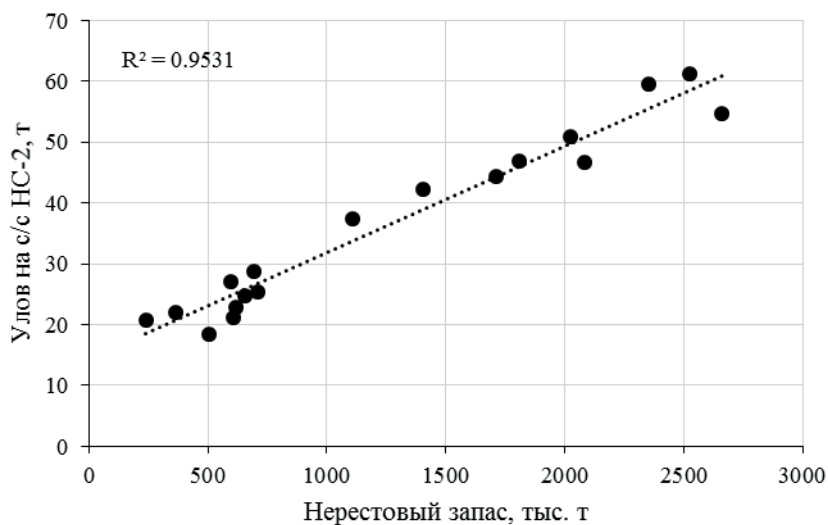


Рис. 7. Сопоставление среднегодового улова на с/с лова судна типа НС-2 на промысле трески с приловом и биомассы нерестового запаса трески по оценке AFWG (ICES 2018).

Таблица 2. Коэффициенты детерминации и другие статистические характеристики связи между показателями биомассы запаса трески и среднегодовой производительностью промысла разных типов судов в период 2000—2017 гг.

Показатель	Промысловый запас в тыс. т			Нерестовый запас в тыс. т		
	R ²	ρ	t	R ²	ρ	t
Улов на с/с лова ПСТ, т	0,96	<0,001	19,3	0,91	<0,001	13,1
Улов на с/с лова СРТМ, т	0,95	<0,001	17,3	0,78	<0,001	7,6
Улов на с/с лова НС-2, т	0,88	<0,001	11,1	0,95	<0,001	18,0

ПСТ и СРТМ с биомассой промыслового запаса и для показателей производительности судов типа Н/С-2 с биомассой нерестового запаса (табл. 2).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время произошло существенное изменение качественного состава флота, осуществляющего донный траловый промысел трески в Баренцевом море. Количество судов типа ПСТ, промысловые показатели которых используются в качестве стандартных для настройки оценки запаса

трески в Баренцевом море математическими методами, снизилось до трех. Вклад в вылов трески с приловом судов этого типа снизился до 7%. В тоже время значительно увеличилось количество несерийных судов. Доля судов типа Н/С-2 в вылове трески увеличилась с 16 до 51%.

В последние 15—20 лет существует статистически достоверная связь между оценками запаса трески аналитическими методами и показателями производительности промысла трески с приловом в Баренцевом море и сопредельных водах. Статистические материалы по вылову в последние годы, осо-

бенно после введения в 2007 г. системы государственного портового контроля, являются вполне объективными.

В настоящее время промысловые показатели улов на час траления и на сутки лова судов типа Н/С-2 можно использовать в качестве стандартных вместо таковых судов типа ПСТ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бабаян В. К. Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ) = Precautionary Approach to Assessment of Total Allowable Catch (ТАС): Анализ и рекомендации по применению. М.: Изд-во ВНИРО, 2000. 191 с.

Бенко Ю. К., Пономаренко В. П. Основные промысловые рыбы Баренцева, Норвежского и Гренландского морей (биология, уловы). Мурманск: Изд-во, 1972. 144 с.

Бойцов В. Д., Мухин А. И., Ярагина Н. А. Особенности нагульной миграции лофотено-баренцевоморской трески в южной части Баренцева моря в зависимости от изменчивости условий среды // Влияние океанологических условий на распределение и динамику популяций промысловых рыб Баренцева моря. Мурманск: ПИНРО, 1987. С. 260–268.

Гусев Е. В. Развитие и структура промыслового флота / Гусев Е. В., Селиверстов Н. Л., Яковленко Е. А. // Развитие отечественного рыболовства на северном бассейне после введения 200-мильных зон: 90-летию Полярного института посвящается. Мурманск: ПИНРО, 2010. С. 64–72.

Константинов К. Г. Использование температуры воды для краткосрочного и долгосрочного прогнозирования траловых уловов в Баренцевом море // Труды ММБИ. 1967. Вып. 15. С. 54–58.

Маслов Н. А. Донные рыбы Баренцева моря и их промысел // Труды ПИНРО. 1944. Вып. 8. С. 3–186.

Мухин А. И. Зависимость производительности тралового промысла от численности тресковых рыб и температуры воды в южной части Баренцева моря // Труды ПИНРО. 1967. Вып. 20. С. 179–187.

Пономаренко В. П. Некоторые сведения о промысле баренцевоморской трески в 1946–1963 гг. // Материалы рыбохоз. исследований Северного бассейна. 1965. Вып. 5. С. 5–19.

Треска Баренцева моря (биолого-промысловый очерк) / Бойцов В. Д., Лебедь Н. И., Пономаренко В. П. и др. Мурманск: ПИНРО, 1996. 296 с.

Ярагина Н. А., Альбикиовская Л. К., Лебедь Л. И., Лукманов Э. Г. Особенности распределения трески в Баренцевом море и основные тенденции развития отечественного промысла в 1989–1994 гг. // Атлантическая треска: биология, экология, промысел. Санкт-Петербург: Наука, 1996. С. 164–181.

Eigaard O. R., Marchal P., Gislason H., Rijnsdorp A. D. 2014. Technological Development and Fisheries Management // Reviews in Fisheries Science & Aquaculture. V. 22. Issue 2. P. 156–174.

FAO. 1995. Code of Conduct for Responsible Fisheries. Rome: FAO. 41 pp.

ICES. 2018. Report of the Arctic Fisheries Working Group. Ispra, Italy, 16–24 April 2018. ICES C.M. 2018 / ACOM: 06, 857 p.

Marchal P., Andersen B., Caillart B. et al. 2007. Impact of technological creep on fishing effort and fishing mortality, for a selection of European fleets // ICES J. Marine Science. V. 64. P. 192–209.

**CHANGES IN THE STRUCTURE OF THE DOMESTIC FISHING FLEET
IN THE NORTHERN BASIN IN THE PERIOD FROM 2003 TO 2018
AND THE IDENTIFICATION OF THE STANDARD TYPES OF VESSELS**

© 2019 E. V. Gusev, N. I. Lebed, N. A. Yaragina

*Polar Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (PINRO),
Murmansk, 183038*

Currently, to tune the assessment of individual stocks, in particular, of the Barents Sea cod, mathematical methods use the catch rates of some standard types of vessels. The paper presents an analysis of changes in the structure of the fishing fleet on the trawl bottom cod fishing in the Barents Sea and adjacent waters, as well as of the contribution of different vessel types to the cod fishery with bycatch for the period 2003–2018. A comparative analysis of the catch rate of different vessel types commonly used for fisheries with that one of the PST-vessels currently used as a standard type was made. It has been determined that at present it is possible to use the catch rate of NS-2 type vessels as a reference value.

Keywords: the Barents Sea, bottom trawling, vessel types

АКВАКУЛЬТУРА И ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО

УДК 639.3.07; 639.3.043.13

**ОПЫТ ПЕРЕВОДА МОЛОДИ СУДАКА (*SANDER LUCIOPERCA*)
С ЕСТЕСТВЕННОЙ ПИЩИ НА ИСКУССТВЕННЫЙ КОРМ**

© 2019 г. А. А. Лютиков, А. Е. Королев

Санкт-Петербургский филиал Всероссийского научно-исследовательского института
рыбного хозяйства и океанографии (ГосНИОРХ им. Л. С. Берга), Санкт-Петербург, 199053
E-mail: tokmo@mail.ru

Поступила в редакцию 28.06.2019 г.

Приведены результаты исследований по определению оптимальной средней массы молоди судака при ее переводе с питания зоопланктоном на искусственный корм. Установлено, что судак лучше переходит на искусственную диету при средней массе 136 мг по сравнению с массой 312 и 533 мг. При этом показано преимущество использования смешанного кормления, когда в течение первых двух недель рацион включает, как живые, так и искусственные корма. Молодь, выращенная таким способом до средней массы 1,2 г, характеризуется повышенной выживаемостью — до 69%, против 49% в варианте опыта, где в качестве корма использовали только искусственные диеты, и лучшими физиологическими показателями, близкими к таковым у дикой молоди.

Ключевые слова: судак, *Sander lucioperca*, молодь, пруды, промышленные технологии, бассейны, искусственный корм.

ВВЕДЕНИЕ

Судак *Sander lucioperca* — перспективный объект аквакультуры, обладающий высоким темпом роста и прекрасными вкусовыми качествами. Тем не менее, судак остается одним из наиболее сложных культивируемых видов, технология выращивания которого до сих пор до конца не разработана. Сложность при работе с этим видом заключается в подращивании личинок и обеспечении их адекватным кормом.

До недавнего времени основным способом получения молоди судака в искусственных условиях было выращивание сеголеток в прудах на естественной кормовой базе. Однако подобный опыт показал, что уже к середине-концу июля в прудах наблюдается депрессия кормовой базы, вызванная выеданием зоопланктона и зообентоса молодью, а также массовым вылетом имаго насекомых, приходящегося на данный период. Это обуславливает замедление и остановку роста сеголеток судака (Королев, 1984). По

этой причине, начиная с августа, дальнейшее выращивание молоди оказывается малоэффективным. Средняя масса сеголеток судака, как правило, не превышает 3–5 г. Результаты выращивания оказываются неустойчивыми, как по показателям роста, так и по выживаемости рыб. В связи с этим, начиная с 90-х годов прошлого столетия, в рыбоводной практике стали применять промышленные способы выращивания молоди судака с использованием установок замкнутого водоснабжения (УЗВ). Большое внимание уделяется разработке интенсивных методов культивирования судака, в том числе и с применением искусственных кормов.

Мировой опыт выращивания ранней молоди судака по промышленной технологии в бассейнах и лотках показывает, что при использовании исключительно искусственного корма в первые 21–25 сут. после начала питания личинок, отмечается их повышенная смертность, достигающая 100% (Бабурин, 1961; Михеев и др., 1970; Beyerle, 1975; Antalfi, 1979; Ruuhijärvi et al.,

1991; Schlumberger, Proteau, 1991; Ruuhijärvi, Hyvärinen, 1996; Михайлова, 2001; Королев, 2005). Вероятно, это обусловлено тем, что состав кормов, используемых при кормлении личинок, не соответствует их физиологическим потребностям. С начала 2000-х годов сведения о стартовых искусственных кормах для судака, которые можно было бы использовать без естественной пищи, в отечественной и западной литературе не встречались. Более того, высказывалось предположение, что пищеварительные возможности ранних личинок этого вида ограничены и не позволяют утилизировать искусственные диеты (Mani-Ponset et al., 1994; Nyina-Wamwiza et al., 2005).

Стартовые искусственные корма для судака не разработаны и по настоящее время, а раннюю молодь выращивают на живых кормах, иногда с добавлением искусственных. Поэтому существующие в мировой рыбоводной практике технологии культивирования молоди судака осуществляются комбинированным способом, включающего два этапа. На первом этапе выращивание проводят в прудах на естественной кормовой базе или в индустриальных условиях с применением живых кормов до средней массы судака 0,4–1,0 г. При указанных навесках молодь минует все критические этапы и дальнейшая ее смертность при использовании искусственных кормов минимальна и соответствует естественной. На втором этапе подращенную молодь переводят на искусственный корм в индустриальных условиях с подогревом воды. Момент перевода судака с естественной пищи на искусственную является наиболее важным при комбинированном способе культивирования этого вида.

Как известно, использование фито- и зоопланктона с начала питания способствует улучшению выживаемости и роста личинок рыб, однако значительно повышает трудоемкость и стоимость рыбоводного процесса. В связи с этим оптимизация выращивания судака в индустриальных условиях направлена на сокращение периода применения живого корма и на наиболее ранний перевод личинок на искусственные диеты (Kowalska

et al., 2006; Hamza et al., 2007; Kestemont et al., 2007; Steinfeldt et al., 2010; Хрусталеv, Дельмухаметов, 2010; Дельмухаметов, 2012; Дельмухаметов и др., 2013; Лютиков и др., 2018). Несмотря на проведенные в этом направлении исследования, вопрос определения минимальной оптимальной средней массы молоди судака при переводе с живых на искусственные корма остается открытым.

Целью настоящих исследований было определение средней массы судака, наиболее подходящей для его отлучения от естественной пищи и последующего перевода на искусственные диеты. Для осуществления данной цели были поставлены задачи подрастить молодь судака в прудах на зоопланктоне до массы 100–500 мг для дальнейшего выращивания по индустриальной технологии с использованием искусственных кормов, а также разработать полноценные высокобелковые искусственные диеты для отлучения подращенных судаков. Результаты этих исследований представлены в настоящей работе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования по разработке элементов комбинированной технологии получения ранней молоди судака с использованием живых и искусственных кормов проводились в мае-июле 2018 г. на базе крестьянского прудового рыбоводного питомника К.А. Аверченкова (пос. Приладожское, Ленинградская обл.) и рыбоводного хозяйства ООО «Форват» (оз. Суходольское, Ленинградская обл.) при естественном температурном режиме воды.

При проведении нереста судака, получении икры и ее дальнейшей инкубации применялись методические рекомендации, разработанные ранее в ГосНИОРХ (Терешенков, Королев, 1997). В нересте участвовало 19 самок и 23 самца судака из маточного стада ООО «Форват», которые были равномерно размещены в 4-х пластиковых бассейнах размером 2 м × 2 м × 0,6 м каждый, с установленными искусственными гнездами.

Бассейны были разделены перегородками на 4 секции (нерестовых гнезда) площадью по 1 м². На каждое гнездо высаживалось от 1 до 2 самок и 2–4 самца. Гормональная стимуляция производителей не проводилась. Наличие икры на нерестовых гнездах в бассейнах проверяли ежедневно в утренние часы. Общее количество икры судака, полученное в ходы выполнения исследований, составило 3,8 млн. шт. Икру инкубировали в модифицированной моросильной камере Войнаровича (Королев, Терешенков, 1995).

После вылупления и перехода на горизонтальный плав часть предличинок была выпущена в три пруда рыбопитомника. Зарыбление прудов предличинками осуществлялось дважды в разные сроки и совпадало с началом перехода судаков на внешнее питание. Для перевозки предличинок в пруды использовали полиэтиленовые мешки с водой с добавлением кислорода. Всего было перевезено и выпущено 294 тыс. экз. предличинок средней массой 0,4 мг. В пруд № 8 (7 га) было посажено 224 тыс. экз., в пруд № 7 (2,7 га) — 70 тыс. экз., в пруд № 10 (7 га) — 140,0 тыс. экз. Плотность посадки составила, соответственно, 28, 26 и 20 тыс. экз./га.

Максимальная глубина прудов не превышает 2,4 м, средняя — 1,2 м. Благодаря малым глубинам пруды быстро прогреваются в весенний период. Максимальная температура воды в прудах за прошлые годы наблюдений не превышала 25,3 °С.

Гидрохимический режим прудов соответствовал требованиям, предъявляемым при выращивании молоди судака. Сумма ионов в воде находилась в пределах 30–60 мг/дм³; жесткость — 1–2 ммоль/дм³; рН — 6,6–9,2; концентрация Ca²⁺ составляла 5–7 мг/дм³; Fe (общ.) — 0,06–0,08 мг/дм³; Si — 0,1–0,3 мг/дм³, СО₂ — 0,6–7,2 мг/дм³, О₂ — 6,2–13,1 мг/дм³ (84–120% насыщения). Вода характеризовалась низким содержанием азота и фосфора: N-NH₄⁺ — 0,06–0,41 мг/дм³, N-NO₂⁻ — до 0,001 мг/дм³, N-NO₃⁻ — до 0,08 мг/дм³, Р-РО₄³⁻ — до 0,015 мг/дм³, Р (общ.) —

0,005–0,031 мг/дм³, перманганатная окисляемость составляла 7,8 мг О₂/дм³. По содержанию органического вещества пруды относятся к мезотрофному типу водоемов.

Летом 2018 г. в пруды были внесены органические удобрения, что определило высокий уровень развития кормовых организмов, характеризующий пруды по этому показателю, как весьма высококормные водоемы с биомассой зоопланктона более 10 г/м³ (по классификации Пидгайко и др., 1968). Основу видового состава в прудах Приладожского прудового рыбопитомника (от 13.06.2018 г.) составили представители коловраток (*Rotatoria*) — численностью 644 экз./м³ и биомассой 0,69 г/м³, ветвистоусые рачки (*Cladocera*) — 911 экз./м³ и 16,87 г/м³ и веслоногие рачки (*Copepoda*) — 943 экз./м³ и 16,01 г/м³, соответственно.

Молодь судака в прудах облавливали мальковым неводом длиной 25 м с шагом ячеи в крыльях — 10–12 мм и кутком в мотне из газа № 8.

Первый отлов подрощенных личинок проводили 13 июня в пруду № 7, где было поймано 1137 экз. судака со средней индивидуальной массой 136,4±3,2 мг и длиной 22,6±0,2 мм. На рыбоводное хозяйство ООО «Форват» судака перевозили в двух полиэтиленовых пакетах, заполненных прудовой водой с добавлением кислорода. Перевозка занимала около 80 мин, температура воздуха в это время находилась в пределах 18–20 °С, температура воды — 19,5 °С. Часть молоди была травмирована еще при облове, что негативно отразилось на результатах перевозки. Смертность в процессе транспортировки составила 132 экз. или 11,6%. После выравнивания температуры воды в пакетах с таковой на рыбоводном хозяйстве (15,6 °С), молодь судака была высажена в три экспериментальных бассейна (варианты опыта №№ 1–3). Начальная плотность посадки личинок составляла 335 экз./бассейн или 6,7 экз./л.

Второй облов проводился в более поздние сроки — 2 июля, с целью получения более крупной молоди. В пруду № 8 было выловлено 528 экз. судака средней массой

311,5±32,6 мг и длиной 26,5±1,0 мм; в пруду № 10, соответственно, 98 экз. средней массой 538,0±16,6 мг и длиной 34,8±0,2 мм. Перевозка молоди осуществлялась аналогично первому разу. Температура воды в прудах и бассейнах на рыбоводном хозяйстве была практически одинаковой и составляла 16,0 и 16,7 °С, соответственно. Молодь из второй партии рассадили в два бассейна. Плотность посадки судака массой 311,5 мг составила 10,6 экз./л (вариант опыта № 4), массой 538,0 мг — 2 экз./л (вариант опыта № 5).

Молодь судака в промышленных условиях рыбоводного хозяйства выращивали в круглых бассейнах черного цвета объемом 65 л с объемом воды 50 л до средней массы 1,2–1,3 г. Вода закачивалась в бассейны насосами из озера. Проточность воды в бассейнах поддерживали на уровне 0,05 л/с.

Оценка химического состава воды, поступающей в экспериментальные бассейны, показала, что все основные гидрохимические показатели соответствовали принятым для объектов рыбохозяйственного значения нормативам качества воды (Приказ..., 2016). Показатель активной реакции воды (рН) был близок к нейтральному — 7,1, содержание в воде растворенного кислорода O_2 составляло 8,4±0,3 мг/дм³, CO_2 — 2,9±0,8 мг/дм³, аммонийного азота — 0,33±0,05 мгN/дм³, нитритов <0,010 мгN/дм³, нитратов — 0,46±0,08 мгNO₃⁻/дм³, железа — 0,05±0,01 мгFe/дм³, фосфатов — <0,010 мгP/дм³, кальция — 3,6±0,4 мг/дм³, магния — 2,1±0,4 мг/дм³, гидрокарбонатных ионов — 14,8±2,4 мг HCO₃⁻/дм³, сульфатов — 6,6±0,9 мг/дм³, хлоридов — 5,8 (<10,0) мг/дм³, натрия и калия — 4,8±1,0 мг/дм³. Сумма ионов в воде имела показатель 38,5±11,6 мг/дм³, сухой остаток — 45 (<50) мг/дм³, жесткость — 0,350±0,051 ммоль/дм³, щелочность — 0,242±0,038 ммоль/дм³, взвешенные вещества — 4,7 (<5,0) мг/дм³.

Перевод прудовой молоди на искусственные корма проводили при естественном температурном режиме воды. Минимальная температура воды в бассейнах наблюдалась в начале опытного выращивания и составляла 15,0 °С, максимальная — 22,0 °С, в конце (рис. 1). Средняя температура воды за период исследования составила 18,5±0,2 °С.

Молодь кормили вручную каждый час с 8:00 ч до 21:00 ч. Живые и искусственные корма давали с избытком. В качестве живого корма применялись науплии артемии (*Artemia* spp.), в качестве искусственного — экспериментальный корм рецептуры ГосНИОРХ (Остроумова и др., 2018). Основными компонентами экспериментального корма были: рыбная и мясная мука, продукты микробиологического синтеза, пшеничная мука, рыбий

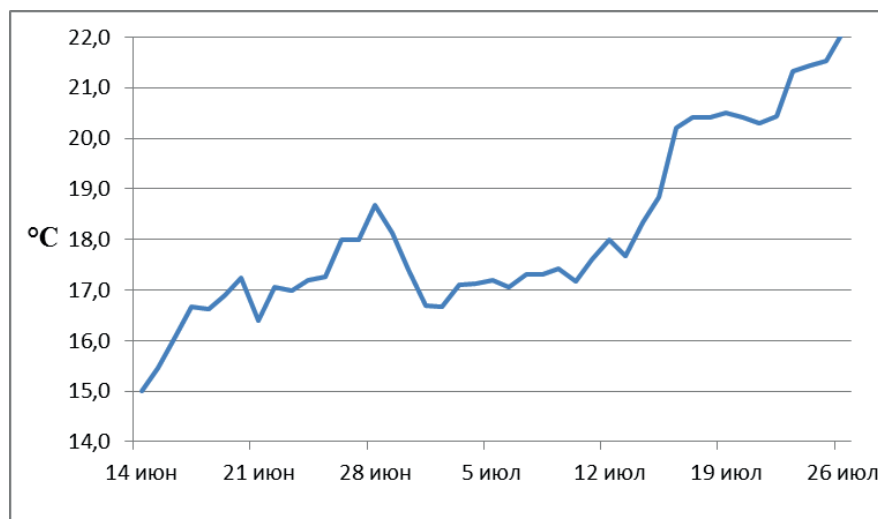


Рисунок 1. Динамика изменения среднесуточной температуры воды в экспериментальных бассейнах.

жир, соевые фосфолипиды и биологически активные добавки. Пищевая ценность кормов составляла: белок 55%, жир 13%, углеводы 12%. Гранулы изготавливали методом экструзии с последующим дроблением до необходимого размера. Размеры гранул искусственного корма увеличивали по мере роста рыб с 0,5 до 1,0 мм. Суточная норма кормления сухими кормами составляла в начале опыта от 36,4 до 75,9% от массы выращиваемой молоди, в конце опыта, соответственно, — от 21,1 до 27,8%. Бассейны чистились от фекалий и остатков непотребленного корма, один раз в сутки после последнего кормления.

Из-за недостатка в научной литературе информации по переводу подращенной в прудах разноразмерной молоди судака на искусственные диеты, мы применяли схему, успешно реализованную при смене рационов сиговых рыб с живого (науплии артемии) на искусственные корма (Лютиков, 2016). Разработанная схема перевода (табл. 1) для молоди, отловленной на первом этапе (мас-

са 136,4 мг) была использована в эксперименте с 14 июня по 3 июля. После 3 июля живой корм был полностью выведен из рациона судака.

Для более крупной молоди массой 312 и 538 мг перевод на искусственные диеты был начат 2 июля. Молодь кормили искусственным кормом каждый час за исключением 12, 16 и 20 часов, когда скармливали науплии артемии. Прекращение подачи живого корма было осуществлено 9 июля — через 7 дней с начала эксперимента.

Этапность развития судака оценивали в соответствии с работой Крыжановского с соавторами (1953). Биохимические показатели молоди определяли по стандартным методикам (Инструкция..., 1984), содержание витамина С в теле рыб — методом титрования экстракта витамина в соляной кислоте реактивом Тильманса (Князева, 1979). Для биохимического анализа использовали совокупные пробы рыб общей массой не менее 60 г.

Таблица 1. Схема кормления молоди в вариантах № № 1–3 с 14.06. по 03.07.18 г.

Время суток, ч	Вариант опыта		
	1	2	3
8:00	Искусственный корм	Искусственный корм	Искусственный корм
9:00			Науплии артемии
10:00			-
11:00			Искусственный корм
12:00		Науплии артемии	Науплии артемии
13:00		-	-
14:00		Искусственный корм	Искусственный корм
15:00		Науплии артемии	Науплии артемии
16:00		-	-
17:00		Искусственный корм	Искусственный корм
18:00		Науплии артемии	Науплии артемии
19:00		-	-
20:00		Искусственный корм	Искусственный корм
21:00		Искусственный корм	Науплии артемии

Примечание. «—» — молодь не кормили. С 04.07. во всех вариантах опыта только искусственный корм.

Физиологическую оценку проводили на молоди возрастом 66 сут., выращенной комбинированным способом до массы 1,2–1,3 г. Коэффициент упитанности по Фульто-ну рассчитывали как отношение массы к длине тела рыбы до конца чешуйчатого покрова, возведенной в куб.

Мазки крови окрашивали по способу Паппенгейма — применение красителя-фиксатора Май-Грюнвальд с последующим докрасиванием азур-эозином по Романовскому (Инструкция..., 1984). Число незрелых эритроцитов определяли на мазках под микроскопом при подсчете 200 клеток красной крови с вычислением процента встретившихся незрелых форм. Лейкоцитарную формулу определяли при подсчете 200 лейкоцитов с вычислением процента различных форм клеток белой крови (лимфоциты, полиморфноядерные лейкоциты, моноциты). О количестве лейкоцитов судили по числу лейкоцитарных клеток на мазках крови, обнаруженных при подсчете 500 эритроцитов (Житенева и др., 2012).

Статистический анализ полученных данных проводили по общепринятой методике (Лакин, 1980).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Характеристика подрошенной в прудах молоди судака

Молодь, выловленная из пруда 13 июня (возраст 30 сут.), находилась на мальковом этапе развития и имела среднюю массу 136,4 мг, длину 22,6 мм. Судак этого размера становится похож на взрослую рыбу, хвост укорачивается и по длине близок к длине туловища. Плавники обособлены, в них сформированы лучи, плавательный пузырь наполнен газом, желудок сформирован. На теле появляются зачатки чешуи, а поверхность туловища покрывается пигментными клетками.

Судак, отловленный из прудов 2 июля, был крупнее — 312 и 533 мг, и выращивался в прудах 28 и 37 сут., соответственно. От выловленной 13 июня молоди он

отличался более крупной чешуей и развитой сетью пигментных клеток, как на поверхности туловища, так и в перитонеуме. Поведение рыб большей навески после пересадки из прудов в бассейны было сходно с поведением молоди, привезенной ранее — рыбы держались стаями у дна, совершая броски на предложенный корм. Аналогичное поведение молоди судака на данном этапе развития отмечал ранее Крыжановский с соавторами (1953).

Результаты перевода судака с естественной пищи на искусственный корм

Опыт с молодью судака массой 136,4 мг

В первую неделю перевода с естественной пищи на искусственную диету, судак, в рационе которого присутствовали науплии артемии и искусственный корм (варианты опыта № 2 и № 3), питался исключительно живым кормом. Факта потребления искусственного корма в этот период нами отмечено не было — при внесении в бассейн гранул судаки их игнорировали, гранулы опускались на дно и позже удалялись при чистке.

Молодь, которой давали только искусственные диеты (вариант опыта № 1), в начале опыта также игнорировала гранулы корма. Первые попытки потребления искусственного корма были отмечены только на 5-е сутки, что негативно отразилось на росте рыб (рис. 2).

Как видно из рисунка 2, рост молоди на искусственном корме (вариант опыта № 1) в первую неделю был крайне низок и составил всего 3,6% от начальной массы. В последующие две недели темп роста судака значительно увеличился, чему способствовали как адаптация молоди к искусственному корму, так и повышение температуры воды с 15 до 17 °С. За 14 дней масса судака увеличилась в 2,8 раза, а на 21-е сутки — в 3,5 раза.

Напротив, мальки судака, потреблявшие смешанную диету (варианты опыта № 2 и № 3), в начале эксперимента быстро набирали массу, что достигалось ими за счет избыточного потребления науплий артемии. В первые две недели выращивания в индус-

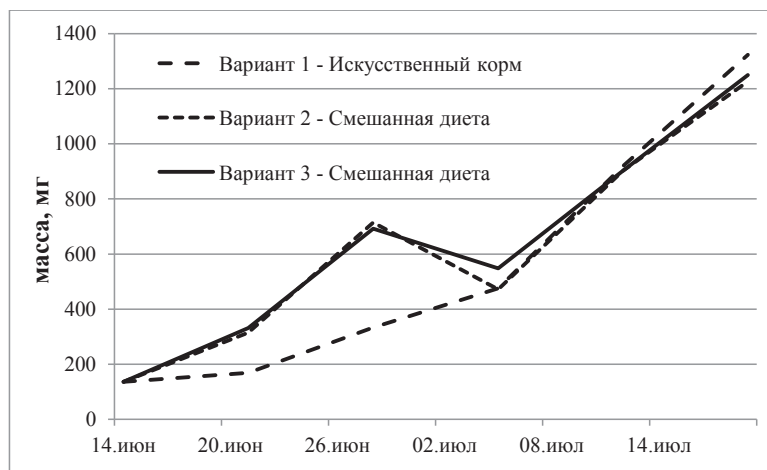


Рисунок 2. График роста молоди судака в вариантах опыта №№ 1–3.

стриальных условиях эта молодь увеличила массу более чем в 5 раз. Однако в дальнейшем ее рост прекратился, что можно объяснить несоответствием предлагаемого корма потребностям подросших до 600–700 мг рыб. Науплии артемии на данном этапе стали очень мелким кормом, не покрывающим энергетические потребности молоди, а к искусственному корму в присутствии живой пищи рыбы еще не адаптировались. За последующую неделю (с 28 июня по 5 июля) судаки в вариантах опыта № 2 и 3 потеряли в массе в среднем 25%.

Начиная с 5 июля (4 неделя с начала опыта) вся молодь в эксперименте успешно перешла на активное потребление искусственного корма, что положительно отразилось на результатах выращивания. За период с 5 по 19 июля во всех вариантах опыта средняя масса рыб превысила 1,2 г (1,23–1,32 г) при среднем показателе среднесуточного прироста — 7,2%.

Выживаемость судака, как и рост, зависела от состава диет подопытной молоди. На искусственном корме в варианте опыта № 1 к концу эксперимента выжило 163 экз., или 49% от начальной численности. На смешанной диете, включающей кроме искусственного корма еще и науплии артемии, в вариантах № 2 и 3 выживаемость составила 220 экз. (66%) и 231 экз. (69%) соответственно.

Опыт с молодью судака 312 и 533 мг

При переводе с прудового зоопланктона на искусственные корма более крупной молоди с начальной массой 312 мг (вариант опыта № 4), отлов которой был произведен 2 июля, масса рыб за первую декаду увеличилась всего на 12%, а среднесуточная скорость роста составила 1,6%, несмотря на присутствие в рационе науплий артемии. Однако, после адаптации к новому корму и повышению температуры воды с 16 до 18 °С и, вероятно, снижения численности рыб в бассейне за счет высокой смертности (в первые 14 сут. погибло 193 экз. или 37%), рост молоди значительно увеличился. Каждую последующую неделю масса судака удваивалась, а скорость роста в среднем составляла 10,6%. Спустя 23 сут. с начала эксперимента молодь достигла массы 1,25 г (рис. 3), после чего опыт был завершен. Выживаемость рыб составила 29% (153 экз.).

Молодь, достигшая в прудах массы 533 мг, в первые 10 сут. выращивания в бассейне (вариант опыта № 5) также игнорировала предлагаемый искусственный корм, питаясь исключительно науплиями артемии. Ее масса за указанный период составила 762 мг, а среднесуточный прирост 4,5%. После прекращения подачи артемии не вся молодь стала потреблять искусственный корм. Около 30% судаков либо вовсе не питались, либо захватывали крупных рачков зоопланктона, посту-

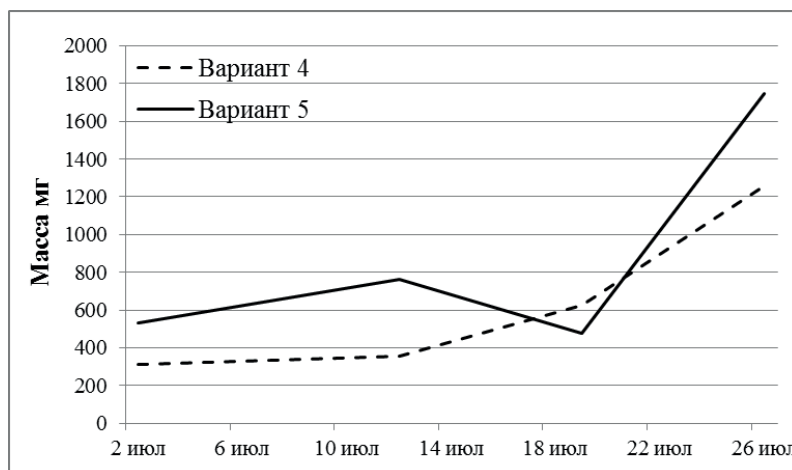


Рисунок 3. График роста молоди судака в вариантах опыта №№ 4 и 5.

пающего в бассейны в небольшом количестве с озерной водой. Через неделю выращивания судака на искусственной диете, в результате голодания, средняя индивидуальная масса рыб уменьшилась до 478 мг. В последующую неделю был отмечен пик смертности рыб (36% от начального количества), не перешедших на искусственный корм. Оставшаяся молодь перешла на питание искусственным кормом и достигла средней индивидуальной массы 1746 мг при выживаемости 64%.

Во всех вариантах опыта основная причина смертности рыб происходила по причине каннибализма, приводящего к травмированию хвостовых плавников и последующему их поражению сапролегнией.

Сводные итоговые результаты исследований по переводу молоди судака с питания прудовыми зоопланктонными организмами на искусственные корма представлены в таблице 2.

Физиологический анализ выращенной молоди судака

Качественной оценкой выращенной в искусственных условиях молоди рыб является их физиологическое состояние, определяемое на основании учета морфофизиологических, биохимических и гематологических показателей, которые представлены, соответственно, в таблицах 3, 4 и 5. Статистический анализ полученных результатов из разных вариантов эксперимента показал

отсутствие достоверных отличий, в связи с этим в таблицах 6 и 7 приведены усредненные данные химического состава тела молоди и морфологии клеток крови судаков. Все анализы проводились на судаках средней массой 1,2 г, возрастом 66 сут.

ОБСУЖДЕНИЕ

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что перевод молоди судака с естественного корма на искусственный возможен при относительно небольшой массе — около 130–140 мг и в естественном температурном режиме, который существенно ниже оптимального, равного 22°C, как было показано Закес (Zakes, 1997). Выращенная таким способом молодь характеризуется хорошей выживаемостью — 66–69% (при условии использования науплий артемии во время смены диет) и темпом роста — среднесуточный прирост более 11%. Стоит полагать, что выбранная плотность посадки, равная 6,7 экз./л, также является приемлемой для судака массой 136 мг.

Перевод на искусственные корма судака с большей массой (312 и 533 мг) дал худшие результаты, несмотря на более благоприятные температурные условия. В первом случае была повышенная смертность рыб, связанная, вероятно, с высокой плотностью посадки молоди в бассейне (10,6 экз./л), во втором — длительный период адаптации судака

Таблица 2. Итоговые показатели исследований по переводу молоди судака с естественной на искусственную пищу

Вариант опыта	Объем воды в бассейне, л	Температура воды, °С *	Количество рыб, экз. **	Количество рыб экз./л **	Выживаемость, %	Средняя масса, г **	Ср. сут. пр. за период выращивания, %	m общ., г **
1	50	$17,5 \pm 0,21$ 15,0–20,5	$\frac{355}{163}$	$\frac{6,7}{3,3}$	49	$\frac{0,136 \pm 0,003}{1,32 \pm 0,05}$	6,5	$\frac{48,3}{215,2}$
2			$\frac{355}{220}$	$\frac{6,7}{4,4}$	66	$\frac{0,136 \pm 0,003}{1,23 \pm 0,09}$	6,3	$\frac{48,3}{270,6}$
3			$\frac{355}{231}$	$\frac{6,7}{4,6}$	69	$\frac{0,136 \pm 0,003}{1,32 \pm 0,05}$	6,5	$\frac{48,3}{311,9}$
4		$19,0 \pm 0,36$ 16,7–22,1	$\frac{528}{153}$	$\frac{10,6}{3,1}$	29	$\frac{0,312 \pm 0,033}{1,25 \pm 0,08}$	6,1	$\frac{164,7}{192,8}$
5			$\frac{98}{63}$	$\frac{2,0}{1,3}$	64	$\frac{0,533 \pm 0,020}{1,75 \pm 0,09}$	5,2	$\frac{52,2}{110,3}$

Примечание. * — здесь и далее — над чертой — среднее значение признака и его ошибка, под чертой — варьирование признака; ** Над чертой — начальный показатель, под чертой — конечный.

Таблица 3. Морфологические показатели молоди судака

Вариант опыта	Длина АВ, см	C_v	Длина АД, см	C_v	Масса, г	C_v	Коэффициент упитанности (F_u), %
1	$\frac{4,8 \pm 0,06}{4,1-5,3}$	6,7	$\frac{4,0 \pm 0,05}{3,5-4,5}$	6,0	$\frac{1,3 \pm 0,05}{0,9-1,9}$	19,5	$\frac{1,6 \pm 0,02}{1,2-1,8}$
2	$\frac{4,6 \pm 0,10}{3,8-5,5}$	11,3	$\frac{3,9 \pm 0,09}{3,2-4,6}$	10,8	$\frac{1,2 \pm 0,09}{0,6-2,1}$	36,6	$\frac{1,5 \pm 0,02}{1,3-1,7}$
3	$\frac{4,6 \pm 0,10}{3,8-5,8}$	10,7	$\frac{3,9 \pm 0,08}{3,2-4,9}$	10,0	$\frac{1,2 \pm 0,08}{0,6-2,4}$	34,6	$\frac{1,6 \pm 0,02}{1,4-1,8}$

Примечание. АВ — полная длина тела рыбы, АД — длина тела от конца рыла до окончания чешуйчатого покрова, (F_u) — коэффициент упитанности по Фультону, C_v — коэффициент вариации.

Таблица 4. Химический состав тела сеголеток судака

Влажность, %	Содержание в сырой массе			
	белок, %	жир, %	зола, %	витамин С, мкг/г
78,92	16,01	3,86	2,75	48,2

Таблица 5. Морфология клеток красной и белой крови у сеголеток судака

Лимфоциты, %	Полиморфноядерные лейкоциты, %	Моноциты, %	Кол-во лейкоцитов из 500 эритроцитов, шт.	% незрелых эритроцитов из 200 шт.
$\frac{97,9 \pm 0,6}{95-99}$	0	$\frac{1,8 \pm 0,6}{1,0-3,0}$	$\frac{11,0 \pm 1,5}{8-17}$	$\frac{7,8 \pm 1,0}{5-11}$

Таблица 6. Результаты разных авторов по переводу молоди судака с естественного корма на искусственный

М ₁ , г	М ₂ , г	t °C	Выживаемость, %	Вид корма	Продолжительность выращивания, сут	Источник
0,45	2,28	20	28	Искусственный	21	Baranek et al., 2007
	2,47		58	Искусственный + Хирономиды		
0,14	1,35	15–20	66–69	Искусственный + Артемия	35	Собств.
0,31	1,26	17–22	29	Искусственный	24	
0,53	1,75		64	Искусственный	24	
0,25	0,65	20	22	Искусственный	28	Zakes, 1997
0,25	0,72	20	96	Живой зоопланктон ***	28	
0,18	0,40	22	27*	Искусственный + Хирономиды	20	Hubenova et al., 2015
	0,54		53**			

Примечание. * — в качестве прикорма использовались хирономиды в течение 2 сут., ** — 8 сут.; *** — *Daphnia magna*, *Moina branchiata*. М₁ — масса начальная, М₂ — масса конечная.

к искусственным кормам (около трех недель) и элиминацией рыб из-за истощения. Однако в обоих вариантах опыта после начала потребления корма большей частью молоди, сопровождавшегося прогревом воды до 20°C и выше, показатели смертности стабилизировались, а среднесуточный прирост превышал 11%.

Тем не менее, темп роста судака в эксперименте, в сравнении с молодью, подращиваемой в прудах на естественной пище, является невысоким, что, прежде всего, связано со сменой условий выращивания и адаптацией рыб к новым кормам. После прохождения этого критического периода, который длится от двух до трех недель в зависимости от массы молоди и температуры воды, среднесуточный прирост судака возрастает с 1,6–4,5 до 8,3–11,0%, что соответствует росту одноразмерных рыб в прудах — 9,5% (Полтавчук, 1965).

Выживаемость прудовой молоди, адаптированной к промышленным условиям, равную 67–69% (варианты опыта № 2 и 3) также можно считать хорошим результатом. Основная доля погибших рыб при этом пришлось на период привыкания к искусственным кормам — более 60% от общего

количества. Полученные нами данные согласуются с результатами западных исследователей (табл. 6).

Как видно из таблицы 6, перевод ранней молоди судака с разной средней массой с питания естественным кормом на исключительно искусственные диеты, сопровождается повышенной смертностью — 71–78%. В то же время использование естественного корма в качестве добавки к искусственным кормам увеличивает выживаемость судака до 50–70%. Для сравнения — использование только естественных кормов, особенно живых, позволяет сохранить до 96% выращиваемых рыб (Zakes, 1997).

Последующий анализ морфобиологических показателей выращенной комбинированным способом молоди судака указывает на ее сходство с одновозрастными рыбами из природных водоемов. Так, биохимический состав тела судака из эксперимента (табл. 4) сопоставим с таковым у молоди из водоемов, за исключением более высоких показателей жира (3,9%) и упитанности (1,6%), что связано с применением высококалорийных искусственных кормов, широко используемых в аквакуль-

туре, и низкой двигательной активностью рыб. Для сравнения приведем показатели биохимического состава тела и упитанности сеголеток судака из природных водоемов: влажность — 77–79%, белок — 16,3–18,8%, жир — 1,0–1,9%, зола — 1,0–4,1% (Jankowska et al., 2003; Schulz et al., 2006); упитанность сеголеток в естественных водоемах составляет 1,3% (Коваленко, 2015), в прудах — 1,6% (Полтавчук, 1965).

Гематологические показатели судака (табл. 5) также имеют схожие характеристики с одноразмерной молодью, выращенной в нерестово-выростных хозяйствах (НВХ). Лейкоцитарная формула, рыб из НВХ в возрасте от 25 до 65 сут. и массой от 0,6 до 5,8 г, имеет следующие параметры: лимфоциты — $98,1 \pm 0,6\%$, моноциты — $1,6 \pm 0,2\%$, полиморфноядерные лейкоциты — $0,2 \pm 0,1\%$ (Голодец, 1954). По данным Голодец (1954), полиморфноядерные лейкоциты, которые нами обнаружены не были, встречаются в количестве около 0,05% у судака массой до 1,4 г, и увеличивали свое значение до 0,6% у молоди массой более 3,6 г. На низкое содержание или отсутствие полиморфноядерных лейкоцитов в крови более взрослого судака (массой около 1 кг) так же указывают Яржомбек с соавторами (1986) и Кузина (2009).

Судя по морфологической картине клеток красной и белой крови все показатели колебались в пределах нормы, что свидетельствует об отсутствии патологических явлений в организме сеголеток судака, выращенного комбинированным способом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог проведенным исследованиям по отлучению ранней разноразмерной молоди судака от естественного корма и переводу ее на искусственные экспериментальные корма рецептуры ГосНИОРХ, было установлено, что судак лучше переходит на искусственные корма при массе 136 мг. При этом показано преимущество использования смешанного кормления, когда в течение пер-

вых двух недель в рационе присутствуют, как живые, так и искусственные корма. Молодь, выращенная таким способом, характеризуется лучшей выживаемостью и хорошими физиологическими показателями.

Материалы по морфофизиологической, биохимической и гематологической оценке молоди убедительно показывают, что использование комбинированной (прудовой и бассейновой) технологии при культивировании судака до 1 г в условиях Северо-Запада РФ при естественной температуре воды позволяет получать физиологически полноценную молодь, не отличающуюся по большинству параметров от сверстников из естественных водоемов. Подобные результаты указывают на то, что условия для выращивания ранней молоди судака были близки к оптимальным, а используемый живой корм и разработанные искусственные диеты, соответствовали ее потребностям в период выращивания. Полученные результаты могут способствовать расширению возможностей рыбоводных хозяйств, не имеющих технических средств для подогрева воды.

Необходимо продолжить исследования по уточнению минимальной оптимальной массы молоди судака, подрощенной в прудах или в промышленных условиях с использованием живых кормов (например, науплий артемии), для успешного перевода ее в промышленные условия на искусственные корма.

ВЫВОДЫ

1. Судак, выращенный на прудовом зоопланктоне до средней массы 136 мг, может быть успешно переведен на искусственные диеты.

2. Использование живого корма (науплий артемии) при переводе молоди судака указанной навески на искусственный корм и выращивание ее до 1,2 г повышает выживаемость с 49 до 69% по сравнению с молодью, питающейся в этот период исключительно искусственным кормом.

3. Перевод молоди судака на питание искусственным кормом возможен при сред-

ней температуре 18,5 °С (15,0–20,5 °С), что существенно ниже рекомендованных оптимальных значений (20–22 °С). При этом молодь достигает средней массы 1,2 г за 35 суток.

4. Молодь судака, выращенная комбинированным способом, по большинству морфобиологических показателей не отличается от диких рыб.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают признательность сотрудникам лаборатории аквакультуры и воспроизводства ценных видов рыб А.К. Шумиловой и Т.А. Филатовой за помощь в проведении биохимического и гематологического анализа отобранных проб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бабурина Е.А. Развитие глаз и их функции у зародышей и личинок судака (*Lucioperca lucioperca* L.) // Тр. Ин-та морфологии животных. 1961. № 33. С. 151–171.

Голодец Г.Г. Состав крови выращиваемой молоди осетра, леща и судака // Вопросы ихтиологии. 1954. Вып. 2. С. 114–119.

Дельмухаметов А.Б. Биотехника формирования и эксплуатации ремонтно-маточного стада судака в установках замкнутого цикла водообеспечения: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Калининград: КГТУ, 2012. 157 с.

Дельмухаметов А.Б., Пьянов Д.С., Хрусталева Е.И. Технология выращивания судака в условиях установок замкнутого водоснабжения (УЗВ) // Междунар. науч. — тех. конф. «Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство»: сборник материалов. Воронеж: ВГУИТ, 2013. С. 632–637.

Житенева А.Д., Макаров Э.В., Рудницкая О.А., Мирзоян А.В. Основы ихтиогематологии (в сравнительном аспекте): Ростов-на-Дону: АзНИИРХ, 2012. 320 с.

Инструкция по физиолого-биохимическим анализам рыбы. М.: ВНИИПРХ, 1984. 60 с.

Князева Л.М. Рекомендации по увеличению сроков хранения гранулированного корма для молоди форели путем опрыскивания его водным раствором витамина С.Л.: ГосНИОРХ, 1979. 12 с.

Коваленко Е.О. Морфобиологическая характеристика судака (*Sander lucioperca*, L.) и его роль в экосистеме Краснодарского водохранилища: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Краснодар: КубГУ, 2015. 24 с.

Королев А.Е. Энергетический баланс и рационы молоди судака и пеляди при их совместном выращивании в пруду // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. 1984. Т. 222. С. 21–30.

Королев А.Е. Опыт применения искусственных кормов при подращивании личинок судака // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. 2005. Вып. 333. С. 287–316.

Королев А.Е., Терешенков И.И. Как получить икру и личинок судака в ранние сроки // Рыбоводство и рыболовство. 1995. № 1. С. 11–12.

Крыжановский С.Г., Дислер Н.Н., Смирнова Е.Н. Эколого-морфологические закономерности развития окуневых рыб (*Percoidei*) // Тр. ИМЖ АН СССР. 1953. Вып. 10. С. 3–138.

Кузина Т.В. Анализ гематологических показателей судака Волго-Каспийского канала // Естественные науки. 2009. № 4. С. 96–100.

Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1980. 293 с.

Лютиков А.А. К методике использования живых кормов при выращивании личинок нельмы *Stenodus leucichthys nelma* (Salmoniformes: Coregonidae) // Вopr. рыболовства. 2016. Т. 17. № 3. С. 324–334.

Лютиков А.А., Королев А.Е., Остроумова И.Н., Костюничев В.В. Опыт выращивания личинок судака с первых дней питания полностью на искусственных кормах с бактериальной биомассой // Материалы второй Всероссийской научной конференции с международным участием «Рыбохозяйственные водоемы России: фун-

даментальные и прикладные исследования». Санкт-Петербург, 2–4 апреля 2018. СПб.: Изд-во ГосНИОРХ, 2018. С. 569–576. 1 CD-ROM.

Михайлова М.В. Совершенствование технологии выращивания молоди полупроходного судака в дельте Волги // Сб. КаспНИИРХ. Астрахань. 2001. С. 157–173.

Михеев П.В., Мейснер Е.В., Михеев В.П. Садковое рыбководное хозяйство на водохранилищах // М.: Пищ. пром., 1970. 159 с.

Остроумова И.Н., Костюничев В.В., Лютиков А.А. и др. Включение в стартовые корма для сиговых рыб (Coregonidae) бактериальной биомассы и белковых гидролизатов // Вопр. рыболовства. 2018. Т. 19. № 1. С. 82–98.

Пидгайко М.Л., Александров Б.М., Иоффе Ц.И. и др. Краткая биолого-продукционная характеристика водоемов Северо-Запада СССР // Изв. ГосНИОРХ. 1968. Т. 67. С. 205–228.

Полтавчук М.А. Биология и разведение днепровского судака в замкнутых водоемах // Киев: Наукова думка. 1965. 259 с.

Приказ Министерства сельского хозяйства от 13.12. 2016 г. N 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». Электронный ресурс. / ТЕХЭКС-ПЕРТ. Код доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420389120>

Терешенков И.И., Королев А.Е. Методические рекомендации по выращиванию жизнестойкой молоди судака. Л.: Изд-во: ГосНИОРХ, 1997. 28 с.

Хрусталева Е.И., Дельмухаметов А.Б. Рыбоводно-биологические показатели судака при выращивании в искусственных условиях // Известия КГТУ. 2010. № 17. С. 15–20.

Яржомбек А.А., Лиманский В.В., Щербина Т.В. и др. Справочник по физиологии рыб. М.: Агропромиздат, 1986. 192 с.

Antalfi A. Propagation and rearing of perch in pond culture // EIFAC Techn. Pap. 1979. № 35. P. 120–125.

Baránek V., Dvořák J., Kalenda V. et al. Comparison of two weaning methods of juvenile pikeperch *Sander lucioperca* from natural diet to commercial feed // The Conference Mendel Net'07. 2007. P. 45.

Beyerle G.B. Summary of attempts to raise walleye fry and fingerlings on artificial diets with suggestions on needed research and procedures to be used in future tests // Progressive Fish-Culturist. 1975. V. 37. P. 103–105.

Hamza N., M'Hetli M., Kestemont P. Effects of weaning age and diets on ontogeny of digestive activities and structures of pikeperch (*Sander lucioperca*) larvae // Fish Physiol Biochem. 2007. V. 33. P. 121–133.

Hubenova T, Zaikov A., Katsarov E., Terziyski D. Weaning of juvenile pikeperch (*Sander lucioperca* L.) from life food to artificial diet // Bulgarian J. of Agricultural Science. V. 21 (Supplement 1). Agricultural Academy. 2015. P. 17–20.

Jankowska B., Zakes Z., Żmijewski T., Szczepkowski M. A comparison of selected quality features of the tissue and slaughter field of wild and cultivated pikeperch *Sander lucioperca* (L.) // Eur. Food Res. Technol. 2003. V. 217. P. 401–405.

Kestemont P., Xueliang X., Hamza N. et al. Effect of weaning age and diet on pikeperch larviculture // Aquaculture. 2007. V. 264. Iss. 1–4. P. 197–204.

Kowalska A., Zakęś Z., Demska-Zakęś K. The impact of feeding on the results of rearing larval pikeperch, *Sander lucioperca* (L.), with regard to the development of the digestive tract // EJPau. 2006. V. 9 (2). № 05. Available Online: <http://www.ejpau.media.pl/volume9/issue2/art-05.html>

Mani-Ponset L., Diaz J.P., Schlumberger O., Connes R. Development of yolk complex, liver and anterior intestine in pikeperch larvae, *Stizostedion lucioperca* (Percidae), according to the first diet during rearing // Aquat. Living. Resour. 1994. V. 7. P. 191–202.

- Nyina-Wamwiza L., Xu X., Blanchard G., Kestemont P. Effect of dietary protein, lipid and carbo-hydrate ratio on growth, feed efficiency and body composition of pike-perch *Sander lucioperca* fingerlings // *Aquacult. Res.* 2005. V. 36. P. 486–492.
- Ruuhijärvi J., Virtanen E., Salminen M., Mäyry M. The growth and survival of pike-perch, *Stizostedion lucioperca* L., larvae fed on formulated feed // *Larvi'91. Special Publication.* 1991. № 15. P. 154–156.
- Ruuhijärvi J., Hyvärinen P. The status of pike-perch culture in Finland // *J. Appl. Ichtiol. Gent. Belgium.* 1996. V. 12 (3–4). P. 185–188.
- Schlumberger O., Proteau J.P. Production de juveniles de sandre (*Stizostedion lucioperca*) // *Aqua-revue.* 1991. V. 36. P. 25–28.
- Schulz C., Günther S., Wirth M., Rennert B. Growth performance and body composition of pike perch (*Sander lucioperca*) fed varying formulated and natural diets // *Aquacult. Int.* 2006. V. 14. P. 577–586.
- Steenfeldt S., Vestergaard M., Overton J.L. et al. Development of intensive rearing of pikeperch in Denmark // *Denmark, Anonymous, Hirtshals. (in Danish).* 2010. P. 303–323.
- Zakes Z. Effect of stock density on the survival, cannibalism and growth of summer fry of European pikeperch (*Stizostedion lucioperca* L.) fed artificial diets in controlled conditions // *Archives of Polish Fisheries.* 1997. V. 5 (2). P. 305–311.

EXPERIENCE OF WEANING OF JUVENILE PIKEPERCH (SANDER LUCIOPERCA) FROM LIVE FOOD TO ARTIFICIAL DIET

© 2019 A. A. Lyutikov, A. E. Korolev

*Saint-Petersburg branch Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (Gosniorch),
Saint-Petersburg, 199053*

The work presents the results of studies to determine the optimal average weight of juvenile pikeperch in its transfer from zooplankton nutrition to artificial feed. It was found that the pikeperch better goes to an artificial diet with an average weight of 136 mg compared to a weight of 312 and 533 mg. It shows the advantage of using mixed feeding, when during the first two weeks of the diet includes both live and artificial feed. Juveniles grown in this way are characterized by increased survival — up to 69%, against 49% in the variant of the experiment, where only artificial diets were used as feed, and the best physiological indicators close to those in wild juveniles.

Keywords: pikeperch, *Sander lucioperca*, fry, ponds, industrial technologies, artificial food.

УСЛОВИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА ГИДРОБИОНТОВ

УДК 35415169

**ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО МУКСУНА
COREGONUS MUKSUN (COREGONIDAE) В БАССЕЙНЕ РЕКИ ИРТЫШ.
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

© В. Ф. Зайцев¹, Е. В. Егоров¹, А. К. Матковский², Е. А. Интересова¹,
Л. А. Шиповалов¹

¹Новосибирский филиал «Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии» («ЗапСибНИРО»), г. Новосибирск, 630091

²Тюменский филиал «Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии» («Госрыбцентр»), г. Тюмень, 625023

E-mail: sibribniiproekt@mail.ru

Поступила в редакцию 23.04.2019 г.

В Обь-Иртышском рыбохозяйственном бассейне муксун (*Coregonus muksun*) еще недавно традиционно являлся одним из основных объектов промысла. В 1950–1960 гг. его уловы составляли в среднем 3,9 тыс. т в год. Сокращение основных нерестилищ в результате ухудшения экологического состояния рек и высокая интенсивность промысла в середине XX в. привели к снижению численности популяции муксуна. В 1980–1990 гг. отмечено снижение уловов до 0,7–1,3 тыс. т в год. В настоящий период уловы муксуна во всем Обь-Иртышском бассейне упали до 10 т, и вылов осуществляется только для научно-исследовательских целей и аквакультуры. В р. Иртыш заходят только единичные особи. В сложившихся условиях восстановление промысловых запасов вида возможно только за счет искусственного воспроизводства и снижения влияния ННН-промысла. Возвращение утраченных мест воспроизводства муксуна становится актуальной задачей. Современные исследования показали, что для восстановления популяции муксуна потребуется не менее 20 лет при вселении от 0,3 до 1,4 млрд. экз. подрощенной до 1,5 г молоди муксуна. В бассейне р. Иртыш появляются рыбодоводные предприятия, готовые заняться воспроизводством муксуна и других ценных промысловых объектов. В этой связи важной задачей является разработка научных рекомендаций по эффективному ведению их деятельности. В статье приводятся соответствующие рекомендации. Отмечается, что работы должны учитывать биологию вида, особенности его размножения, распределения и миграции молоди, полностью соответствовать естественному жизненному циклу объекта воспроизводства.

Ключевые слова: муксун, *Coregonus muksun*, Иртыш, Обь, молодь, искусственное воспроизводство.

ВВЕДЕНИЕ

Река Иртыш — крупный левый приток р. Обь — протекает по территории Китая, Казахстана и России. Общая протяженность реки 4248 км, в пределах России от границ с Казахстаном до впадения в р. Обь длина Иртыша — 2038 км, протяженность в Омской области — 1132 км, в Тюменской области — 906 км. Значительная протяжен-

ность р. Иртыш в совокупности с различными природно-климатическими ландшафтами (горный, равнинный, степной и таежный) способствовали большому разнообразию ихтиофауны реки. В составе иртышской ихтиофауны отмечены представители следующих семейств: осетровые, лососевые, сиговые, щуковые, карповые, вьюновые, налимовые, колюшковые, окуневые и миноговые.

Во второй половине XX — начале XXI вв. в количественном и качественном составе ихтиофауны р. Иртыш в результате антропогенного воздействия происходят значительные изменения. Зарегулирование стока реки каскадом водохранилищ (Бухтарминское, Усть-Каменогорское, Шульбинское) в верхнем течении на территории Казахстана привело к потере нерестилищ полупроходных видов (сибирский осетр, нельма), расположенных в Казахстане, и к сокращению площадей нерестилищ и нагула туводных видов (стерлядь, плотва, язь, щука, окунь и др.) в границах Омской области. Ухудшение условий воспроизводства и увеличение численности чужеродных видов (лещ, судак) привели к сокращению запасов аборигенных видов — плотвы и щуки, доминирующих прежде. Наряду с этим загрязнение водных объектов, рост промысловой нагрузки в виде браконьерского промысла способствовали дальнейшему снижению численности осетровых и нельмы. Сибирский осетр был внесен в Красную книгу РФ и Омской области, нельма — в Красную книгу Омской области в категории «2 — вид с сокращающейся численностью». В результате сокращения численности стерляди ее промышленный лов в Омской области в 2002–2003 гг. и в 2012–2017 гг. не проводился. В условиях снижения численности ценной промысловой ихтиофауны р. Иртыш постепенно превращается в мелкочастиковый водоем.

В результате значительного снижения численности муксуна в р. Обь — основном ареале обитания вида — в ее притоки (Томь, Чулым, Иртыш) в настоящий период заходят только единичные особи. Отрывочные сведения о заходе муксуна в р. Иртыш можно получить лишь из устных сообщений инспекторов рыбоохраны, рыбаков — жителей прибрежных поселков северных районов Омской области и редких упоминаний в научных статьях. Исходя из этого, омские ученые рекомендуют для муксуна статус «6 — редкий, заходящий» либо введение в региональную практику категории «Кандидат в Красную книгу» (Кассал, 2014).

Для восстановления запасов осетра, стерляди, нельмы и муксуна в г. Омск построен крупный рыбоводный комплекс ООО «Бородино» мощностью 18 млн. молоди в год. Однако если в бассейне р. Иртыш места размножения первых трех видов относительно известны, то по муксуну такие сведения отсутствуют. Поэтому возникает резонный вопрос, в какие сроки и в какие водные объекты бассейна р. Иртыш можно проводить вселение муксуна, чтобы работы по искусственному воспроизводству дали положительный результат.

Целью настоящей работы является анализ возможности осуществления масштабного искусственного воспроизводства муксуна в бассейне р. Иртыш.

В задачи исследования входило:

1. Проанализировать имеющиеся сведения по биологии муксуна, его естественному воспроизводству в Обь-Иртышском бассейне.
2. Рассмотреть условия обитания молоди муксуна в пределах Омской области (состав ихтиофауны, относительная численность рыб, степень обеспеченности пищей и т.п.). Сравнить данные условия с имеющимися в р. Оби в районе известных нерестилищ муксуна.
3. Определить потенциальные объемы искусственного воспроизводства муксуна.
4. Проанализировать возможность миграции молоди муксуна из р. Иртыш в Обскую губу.
5. Определить оптимальные сроки зарыбления различных водных объектов бассейна р. Иртыш.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для работы послужили архивные и литературные данные российских исследователей муксуна за период 1949–2016 гг. Проанализирована промысловая статистика и сведения по биологии и среде обитания данного вида. В период с 2009 г. по 2017 г. в Омской области сотрудниками Новосибирского филиала ФГБНУ «Госрыб-

центр» («ЗапСибНИРО») собраны и обработаны материалы по кормовой базе иртышских рыб.

Объемы искусственного воспроизводства муксуна в р. Иртыш Омской области определены с использованием собственных данных по биомассе зоопланктона и зообентоса, а также продукционных коэффициентов, кормовых коэффициентов, степени использования рыбами зоопланктона и зообентоса согласно действующим нормативам (Методика..., 2011).

На основе данных по моделированию выживаемости (Матковский, 2017) рассчитаны потенциальные объемы естественного воспроизводства муксуна в бассейне р. Иртыш.

Для определения возможности зарыбления р. Иртыш анализировались материалы по скату и росту молоди муксуна.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Муксун — полупроходной вид, населяющий крупные реки Сибири, в некоторых озерах Ямальского и Гыданского п-вов обитает жилая форма (Дрягин, 1948; Вотин, 1963; Петкевич, 1971; Богданов, Мельниченко, 1996). Кроме того, жилая форма отмечена в озерных системах, связанных с реками Таз и Пур (Петкевич, 1971). В бассейне р. Таз также обитает полупроходная популяция муксуна (Никонов, 1977), которая крайне малочисленна, и в настоящее время утратила промысловое значение. В Обь-Иртышском бассейне зона распространения нагула обского муксуна включает в основном дельту Оби, среднюю и южную части Обской губы, Тазовскую губу, пойменные и материковые соры Нижней Оби (Москаленко, 1958; Князев, Брусынина, 1990, 1992). Нерестится муксун в среднем течении р. Обь, поднимаясь до Новосибирска. Многие исторические нерестилища в результате гидростроительства на р. Обь и загрязнения р. Томь сейчас утрачены (Воробьева и др., 1979; Еньшина, 1996). Иногда отмечается появление немногочисленных производителей

лей в р. Иртыш, особенно в его нижнем течении (Ракиеров, 1955; Москаленко, 1958; Вотин, 1963; Решетников, 1980; Аннотированный каталог..., 1998). Необходимо отметить, что до конца XIX в. в среднем и, особенно, в нижнем течении р. Иртыш муксун был обычным промысловым видом (Карасев, 2006). Однако научные сведения о местах размножения муксуна в этой реке отсутствуют. Имеется лишь предположение, что муксун ранее мог нереститься в верховьях р. Тавда (левый приток р. Тобол) и ее притоках — Лозье и Сосье (Петрова, Касьянов, 1981). То, что заходящий в р. Иртыш муксун участвовал в нересте, не вызывает сомнения, поскольку по результатам исследования все анализируемые рыбы имели зрелые половые продукты и до нереста оставалось не более одного месяца. Кроме того, авторами отмечалась последующая поимка отдельных особей в устье р. Тавда и в р. Иртыш ниже устья р. Тобол. Не решенным оставался лишь вопрос о расположении нерестилищ в р. Иртыш, и почему сравнительно высокое по численности нерестовое стадо не сформировало устойчивого промыслового запаса в этой реке. Все это наводит на мысль, что эффективность естественного воспроизводства муксуна в бассейне р. Иртыш была низкой. Скорее всего, массовый заход производителей отмечался только в годы высокой численности муксуна в р. Обь. Тем не менее, данный факт важен с точки зрения возможности расширения районов искусственного воспроизводства этого ценного промыслового вида.

О том, что эффективность размножения муксуна в бассейне р. Иртыш является низкой, свидетельствуют результаты расчетов. Так, в 1969 г. по данным Н.А. Петровой и В.П. Касьянова (1981), на Черномырском стреловом песке было выловлено 6372 кг муксуна. Все пойманные рыбы были половозрелыми, возрастной ряд был представлен особями 6+ — 14+. Доминировали экземпляры в возрасте 8+ — 10+, характерные для нерестовой популяции. Размерно-возрастная структура соответствовала таковой у нерестового стада муксуна в р.

Обь, рыбы имели IV стадию зрелости гонад. Поэтому с большой долей вероятности заходящих в р. Иртыш особей можно относить к части полупроходной популяции, мигрирующей по р. Обь. Исходя из коэффициента вылова на стрежевом промысле, равного 0,0707 (Полымский, 1986), и средней массы особей муксуна, равной 1,5 кг, следует, что через стрежевой песок мигрировало 60,1 тыс. особей данного вида, из которых 4248 экз. было поймано. Следовательно, выше неводного лова прошло 55,8 тыс. экз. Можно допустить, что до нерестилищ добралось порядка 50 тыс. экз., при этом доля самок составляла 28% или 14 тыс. особей. Исходя из средней плодовитости равной 50 тыс. икринок, фонд отложенной икры составил 700 млн. икринок. Исходя из средних коэффициентов выживаемости (Матковский и др., 2017), количество скатившихся личинок должно было составить 49 млн. экз., а выход молоди массой 1,5 г — около 22 млн. экз. Как свидетельствует практика, такой уровень воспроизводства муксуна в бассейне р. Иртыш отсутствовал, поскольку в противном случае в реке был бы сформирован сравнительно устойчивый промысловый запас. На наш взгляд, низкая эффективность размножения муксуна в бассейне р. Иртыш связана с ограниченностью нерестилищ и нестабильными условиями для развития икры. Немаловажным фактором является и браконьерство, но первые две причины считаем основными. В пользу этого свидетельствует и отсутствие устойчивого промыслового запаса пеляди, воспроизводством которой уже давно занимаются в бассейне р. Иртыш.

К сожалению, до настоящего времени нет полноценных данных по биологическим показателям особей муксуна, о миграции производителей, наличии нерестилищ данного вида в р. Иртыш выше устья р. Тобол. Отрывочные сведения по муксуну имеются лишь из устных сообщений рыбаков — жителей прибрежных поселков северных районов — Усть-Ишимский, Тевризский, Знаменский, Тарский Омской области и редких упоминаний в научных статьях.

В настоящее время муксун в районе г. Тобольск встречается крайне редко. Случаи его поимки зарегистрированы при изучении зимовальных ям р. Иртыш в Уватском районе Тюменской области в период 2003—2005 гг. В частности, в Горносликинской зимовальной яме (533—536 км по лоцманской карте) в состав зимних скоплений входили следующие виды рыб: нельма, муксун, язь, щука, лещ (Павлов, Мочек, 2006).

В Обь-Иртышском рыбохозяйственном бассейне муксун традиционно являлся одним из основных объектов промысла. В 1930—1940 гг. его уловы составляли 2,0—3,75 тыс. т, в среднем — 2,89 тыс. т в год. В 1950—1960 гг. промысловая нагрузка на стадо муксуна увеличилась, уловы составляли 2,88—4,93 тыс. т, в среднем — 3,9 тыс. т в год. В 1980—1990 гг. отмечено снижение уловов до 0,7—1,3 тыс. т, в среднем — 1,0 тыс. т в год (рис. 1).

Во все периоды большую часть муксуна вылавливали в нижнем течении р. Обь. В Средней Оби (Томская область) уловы были второстепенными, составляя около 5% от общего вылова. Максимальные уловы муксуна в Средней Оби наблюдались в 1930—1940 гг. и составляли от 50 до 300 т, в среднем около 150 т. В 1970—1980 гг. они снизились до 21—89 т, в среднем около 65 т. В последние годы уловы муксуна во всем Обь-Иртышском бассейне резко упали до 30 т (Башмаков, 1949; Шумилов, Замятин, 1983; Литвиненко и др., 2016; Кочетков и др., 2016), а затем до 10 т.

Согласно архивным материалам ФГБУ «Верхнеобьрыбвод» в р. Иртыш Омской области промысловой статистикой улов муксуна был отмечен в 1948 г. — 130 кг. Исходя из представленной ранее характеристики заходящего в р. Иртыш муксуна, можно с большой уверенностью сказать, что все эти особи являлись частью нерестовой популяции. Какие-либо научные сведения о присутствии муксуна в следующие годы отсутствуют. Во второй половине 80-х годов XX в. Н.А. Петрова (1987), обобщая информацию о составе ихтиофауны р. Иртыш в пре-

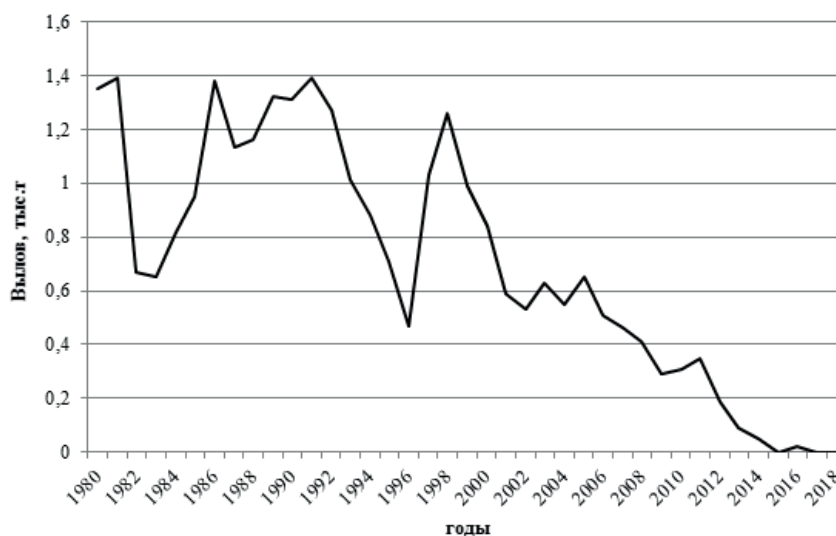


Рис. 1. Динамика вылова муксуна в водных объектах Тюменской области.

делах Омской области, этот вид не отмечает. В проведенных контрольных уловах отсутствовали не только половозрелые особи, но и молодь. Следует отметить, что в пределах Омской области пойменная система у р. Иртыш слабо развита, что может отрицательно сказываться на выживаемости личинок муксуна. Как установлено, степень и продолжительность залития соров в Средней Оби оказывает существенное влияние на урожайность поколений муксуна (Matkovskiy, 2014; Матковский, 2018).

Одной из причин снижения численности популяции муксуна в Обь-Иртышском бассейне является утрата основных нерестилищ в результате возросшего антропогенного воздействия на экосистему рек в середине XX в. Как известно, второстепенные нерестилища муксуна в среднем течении р. Обь начинались от южной границы распространения замора около г. Нарым Парабельского района до с. Никольское Кривошеинского района Томской области (385 км). Основные нерестилища муксуна располагались от с. Никольское до д. Оськино Шегарского района (96 км). Мощные нерестилища имелись и в р. Томь, от ее устья до г. Томск (67 км), которые в прошлом обеспечивали воспроизводство не менее 1,5 тыс. т муксуна и пеляди. Однако вследствие сброса недостаточно очищенных стоков угледобывающих, металлургических и химических предприя-

тий, добычи песчано-гравийной смеси (ПГС) нерестилища муксуна в р. Томь практически утрачены, а в р. Обь ниже устья р. Томь потеряли прежнее свое значение. Основные места нереста в Оби теперь находятся выше устья р. Томь до с. Киреевск. При этом, границы второстепенных верхних нерестилищ расширились до Новосибирска (Башмаков, 1949; Москаленко, 1958; Вотинов, 1963; Иоганзен и др., 1970). Помимо потери части основных нерестилищ, на состояние популяции муксуна негативно сказалась возросшая во второй половине XX в. интенсивность промысла, базирующегося на эксплуатации нерестового стада, в том числе интенсивный браконьерский лов в Обской губе и на путях нерестовых миграций (Матковский, 2006). В начале XXI в. на популяцию муксуна отрицательное воздействие оказал мощный зимний замор 2007 г. в Обской губе (Матковский, 2010).

Совместное воздействие негативных антропогенных и природных факторов привело к снижению численности нерестового стада и таких популяционных показателей, как средний возраст рыб, доля повторно участвующих в нересте особей, популяционная плодовитость (Яковлева, 1977; Матковский, 2010; Кочетков и др., 2016). В сложившихся условиях на ухудшение воспроизводительной способности стада косвенно повлияли и некоторые биологические особенности вида:

двух — трехлетний перерыв между нерестами, количество нерестов в течение жизни у особи не более 2—3 раз, неравномерное созревание поколения и позднее наступление половой зрелости (Башмаков, 1949; Москаленко, 1958; Вотинов, 1963; Никонов, 1977; Яковлева, 1977; Селюков и др., 1990; Вышегородцев, Заделенов, 2013).

В результате, нерестовое стадо обского муксуна уже не может обеспечить естественное восстановление промыслового запаса вида на уровне 1970—1980 гг. Образовался значительный дефицит как производителей, так и молоди муксуна. В сложившихся условиях добиться стабильного пополнения промысловых запасов вида можно только за счет искусственного воспроизводства. В середине прошлого века в Тюменской области начали действовать сиговые рыболовные предприятия на р. Обь (в Ханты-Мансийске и в Сургуте) и на р. Иртыш (в 30 км к югу от Тобольска). Эти предприятия ежегодно выпускали личинок пеляди и муксуна в пойменные озера, имеющие связь с речными системами Оби и Иртыша. В конце лета со спадом и прогревом воды подросшая молодь пеляди и муксуна скатывалась в реки Обь и Иртыш. Наблюдения показали, что в скором времени взрослую пелядь стали вылавливать в притоках рек Конда и Иртыш в районе расположения озер, в которых проводили подращивание молоди (Мухачев, 1979).

Таким образом, наряду с благоприятными гидрологическими условиями и усовершенствованием режима рыболовства, искусственное воспроизводство сыграло значительную роль в поддержании запасов сиговых видов рыб в 1970—1990 гг.

В настоящий период в Обь-Иртышском бассейне мероприятия по искусственному воспроизводству сиговых рыб, в том числе муксуна, осуществляются на Абалакском экспериментальном рыболовном заводе (г. Тобольск), на Югорском рыболовном заводе (г. Ханты-Мансийск) и на Собском рыболовном заводе (п. Харп, ЯНАО). Ежегодные объемы искусственного воспроизвод-

ства муксуна в 2008—2012 гг. составляли от 3,74 до 13,1 млн. экз., в среднем около 8,66 млн. экз. В 2016 г. удалось вырастить и выпустить в речную систему 25,7 млн. экз. молоди муксуна (Литвиненко и др., 2013, 2016). Однако, объемы искусственного воспроизводства муксуна значительно отстают от рекомендуемых.

Современные исследования показали, что Обь-Иртышский бассейн располагает громадным потенциалом естественных кормовых ресурсов для восстановления численности сиговых рыб и, в том числе, муксуна (Матковский и др., 2017). Согласно расчетам, для восстановления популяции муксуна до уровня 1970—1980 гг. потребуется не менее 20 лет при ежегодном вселении до 1419,9 млн. экз. молоди массой до 0,5 г или до 934,7 млн. экз. подрощенной до 3,0 г молоди муксуна (Матковский, 2016; Матковский и др., 2016).

Исходя из того, что около 95% муксуна вылавливается в Обской губе (места зимовки и нагула) и в Нижней Оби (места нагула и пути нерестовых миграций) и только 5% в Средней Оби (район естественного воспроизводства), становится очевидным необходимость формирования в первую очередь промыслового стада, которое в перспективе приведет к восстановлению естественного воспроизводства. При этом в целях восстановления промысловых запасов муксуна необходимо использовать потенциал бассейна и методы пастбищной аквакультуры (Матковский, 2011). Как известно, пастбищная аквакультура ориентирована на выращивание жизнестойкой молоди с последующим выпуском на нагул в моря, реки, озера и водохранилища, а затем отлов крупной рыбы, в том числе возвращающейся в реки на нерест (Мухачев, 2005). Стимулирующим фактором развития пастбищной аквакультуры является получение рыбной отраслью высокорентабельной продукции.

Очевидно, что без наращивания объемов искусственного воспроизводства запасы муксуна восстановить невозможно. Мероприятия по искусственному воспроизводству

должны быть массовыми и долгосрочными. Становится весьма актуальным создание новых и восстановление ранее существовавших центров по воспроизводству муксуна, в том числе с привлечением частных рыбоводных организаций (Матковский, 2010). В середине прошлого века рассматривалась возможность создания новых центров размножения в уральских притоках нижнего течения р. Обь — Северной Сосьве, Сыне, Войкаре. Считалось, что муксун вернется при наступлении половой зрелости в уральские реки, где он инкубировался или был выпущен в водоем на стадии личинки (Москаленко, 1958; Никонов, 1963). Проводились рыбоводные мероприятия по перевозке в осенний период производителей муксуна на нерестилища и выпуску весной личинок. Однако небольшие объемы рыбоводных работ не дали положительного эффекта. Возможно, взрослые особи, появившиеся на свет в уральских притоках, массово вылавливались в нижнем течении р. Обь до прихода на уральские нерестилища или поднимались на нерестилища Средней Оби с основным стадом производителей. Хотя, по свидетельству Г.И. Никонова, по опросным данным местных рыбаков, отдельные особи муксуна в последующем присутствовали в уловах на уральских реках (Никонов, 1963).

В г. Омск в 2015 г. введен в эксплуатацию индустриальный рыбоводный комплекс ООО «Бородино» по выращиванию рыбы в бассейнах и садках. Рыбоводный комплекс в настоящий период имеет ремонтно-маточное стадо муксуна в количестве 4,09 тыс. экз. и способен инкубировать и подрачивать молодь муксуна для вселения в р. Иртыш в целях восстановления его промысловых запасов в Обь-Иртышском рыбохозяйственном бассейне. Исследования показали, что содержание ремонтно-маточного стада муксуна и инкубация его икры в иртышской воде будут проходить в благоприятных условиях. Аналогичным образом на экспериментальном рыбоводном хозяйстве «Госрыбцентр», расположенном в 50 км от г. Тобольск на оз. Волково — старце р. Иртыш, успешно проводятся экс-

периментально-производственные работы по содержанию производителей муксуна и нельмы и получению от них рыбоводной икры (Литвиненко и др., 2009; Семенченко и др., 2016).

Рыбоводный комплекс «Бородино» планирует осуществлять выпуск подращенной молоди муксуна непосредственно в р. Иртыш в районе г. Омск. Предполагается, что соблюдение определенных условий во время раннего развития молоди, а именно: регулирование плотности посадки, наличие необходимой кормовой базы, минимизация воздействия хищников и т.д. повысит эффективность рыбоводных работ и в конечном итоге положительно скажется на увеличении запасов данного вида.

Качество воды Иртыша в створах от г. Омск до границы с Тюменской областью на протяжении ряда последних лет изменялось незначительно. В 2011–2016 гг. вода характеризовалась как загрязненная 3А, 3Б класса. Критический уровень загрязненности воды не достигался ни по одному ингредиенту (Доклад..., 2017). Очевидно поэтому, согласно исследованиям испытательного центра рыбы, рыбопродуктов и продуктов моря (ФГБНУ «Госрыбцентр»), в тканях иртышских рыб — стерляди, леща, язя, окуня, судака и налима содержание токсичных элементов в 2015–2016 гг. не превышало ПДК. Сравнительно низкий уровень загрязнения водных объектов является одним из условий успешной деятельности рыбоводного комплекса «Бородино». Однако остается невыясненным вопрос: будет ли рыбоводная молодь скатываться в р. Обь и Обскую губу и имел ли когда-либо место нерест муксуна в пределах Среднего и Верхнего Иртыша. Такая информация важна для принятия решений по стратегии искусственного воспроизводства, поскольку так или иначе рыбоводный процесс для восстановления популяции должен базироваться на таких знаниях и соответствовать естественному циклу формирования новых поколений муксуна (Матковский и др., 2017; Крохалевский и др., 2018).

Возникают сомнения по поводу возможности ската молоди, выпущенной в районе Омска, в Обскую губу, прежде всего по двум причинам. Во-первых, отсутствуют сведения по данному факту, во-вторых, имеющиеся сведения по иртышской нельме также не дают на это оснований. По своей размерно-возрастной структуре популяция нельмы р. Иртыш (Петрова, 1976) больше соответствует жилой форме р. Обь (Конева, 1972), чем полупроходной (Вовк, 1948; Дрягин, 1948). Хотя в р. Иртыш полупроходная нельма также заходит. В отличие от муксуна далеко не вся молодь нельмы в первый год жизни скатывается в Обскую губу. Поэтому есть предположение, что зарыбляемая молодь муксуна будет образовывать некую жилую форму на период функционирования рыбоводного завода.

Тем не менее, исходя из имеющейся информации по скату молоди муксуна в р. Обь, можно планировать отдельные сроки рыбоводного процесса. Молодь размером 4–6 см и массой 0,6–1,9 г в 1940 г. (по данным Евтеева) была отмечена у Белогорья (15 км ниже устья Иртыша) с 23 июня по 6 июля (Дрягин, 1948). Возраст данной молоди составлял 60–90 сут. Аналогичный период выращивания принят и в пойменных рыбопитомниках Нижней Оби и Нижнего Иртыша в Ханты-Мансийском районе. Так, в Сухоруковской курье по годам он варьирует от 43 до 83 сут. (ср. 63,7 сут.), а масса молоди — от 1,72 до 5,41 г (ср. 2,772 г) (Крохалевский и др. 2018). Таким образом, это соответствует естественному циклу воспроизводства вида и на эти сроки следует ориентироваться при планировании другой рыбоводной деятельности в бассейне р. Иртыш.

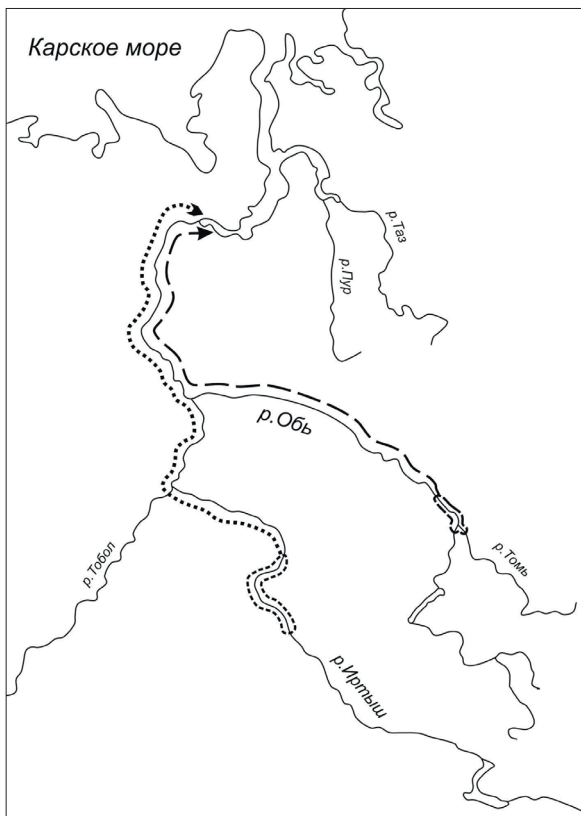
Поскольку существует предположение, что ограниченный нерест муксуна проходил в верхнем течении р. Тавда и ее притоках (в нижнем течении р. Тавда заморна в зимний период), то скат личинок и распределение их по местам нагула, возможно, были в пределах Нижнего Иртыша (ниже устья р. Тобол). Поэтому зарыбление данных водных объек-

тов допустимо как выдержанной личинкой в первой половине мая, так и молодью массой 1,5–3,0 г в первой половине июля. В весенний период при зарыблении следует ориентироваться на сроки затопления пойменной системы. Предпочтительными местами зарыбления должны быть пойменные водоемы Ханты-Мансийского района. Наиболее простой вариант зарыбления — личинками. Вопрос доставки молоди от Омска до нижнего Иртыша более сложный, хотя технически реализуем. В ФГБНУ «Госрыбцентр» имеется положительный опыт судовой перевозки молоди осетра от Тобольска до Обской губы (Чепуркина и др., 2009; Чепуркина, Соломинова, 2010; Korentovich M., Litvinenko, 2017). Необходимо отметить, что молодь осетра более жизнестойка, чем молодь сиговых рыб, однако в нашем случае транспортируемое расстояние в три раза короче.

Наряду с рассмотренными вариантами зарыбления пойменных водоемов Нижнего Иртыша нельзя полностью исключать выпуск личинок и подрощенной молоди в реку в районе Омска. Однако такой выпуск потребует экспериментального подтверждения эффективности работ. В экспериментальном режиме при наличии большой партии личинок или подрощенной молоди можно выполнить такие исследования, контролируя результат в створе выше устья р. Тобол. Хотя получение положительного результата в любом случае будет осложнено в силу низкой концентрации покатной молоди, а также тем, что особенности ее ската практически не изучены. Возможно, наряду с прибрежными неводными учетами необходимо будет задействовать и методы, применяемые для учета смолтов атлантического лосося (Студенов и др., 2018). Несмотря на все обсужденные сложности, рассматриваемый вариант зарыбления выдержанной личинкой возможен, поскольку общая протяженность миграционного пути от г. Омск по р. Иртыш и далее по р. Обь до Обской губы сопоставима с аналогичной по р. Обь от г. Новосибирск (рис. 2).

Исходя из протяженности предполагаемого миграционного пути, продолжи-

Гидроклиматические условия (Ресурсы..., 1972; Ли, 2009), а также биогенные ресурсы р. Иртыш в Омской и р. Обь в Томской области (Чибряева и др., 2011; Зайцев и др., 2015; Визер, 2015) отличаются незначительно (табл.). Видовой состав ихтиофауны в этих реках различается в основном присутствием в осенний период в р. Обь нерестовых стад пеляди, муксуна и нельмы.



Показатель	Обь (Томская обл.)		Иртыш (Омская обл.)	
	колебания	средняя	колебания	средняя
Скорость течения, м/с	0,2—1,5	0,85	0,4—1,05	0,7
Сумма ионов, мг/дм ³	-	522,3	-	436,8
НСО ₃ , мг/дм ³	-	189,2	-	140,3
Са, мг/дм ³	-	46,1	-	44,1
Mg, мг/дм ³	-	38,9	-	37,7
Зоопланктон, численность, экз./м ³	6948—17790	11022	447—5250	3175
Зоопланктон, биомасса, мг/м ³	87—468	177	13—274	75
Зообентос, численность, экз./м ²	710—1743	1098	397—971	512
Зообентос, биомасса, г/м ²	0,27—2,08	1,23	0,63—2,19	1,21
Продукция мирных рыб, кг/га*	4,69—8,47	6,52	5,4—9,9	7,65
Продукция хищных рыб, кг/га*	2,19—3,59	2,78	2,3—4,6	3,45

1. *Journal of the American Medical Association*, 1997; 277: 1033-1036.

не г. Омск существует две серьезные проблемы. Первая, не ясно как поведет себя потом муксун. Будет ли он подниматься по р. Обь до благоприятных мест нереста или в силу хоминга (Матковский, 2005) будет потерян для естественного воспроизводства. Вторая проблема, о которой указано выше, связана со слабым развитием пойменной системы в р. Иртыш в пределах Омской области, а следовательно, и с возможно низкой выживаемостью личинок.

В отличие от личинок зарыбление ранней молодью должно быть более эффективно. Однако зарыбление следует производить, когда сформировалась соответствующая кормовая база. Благодаря морфологическим особенностям строения рта (нижний рот бентофага) и отцеживающего аппарата (длинные и близко посаженные друг к другу жаберные тычинки планктофага) молодь муксуна может использовать в пищу как планктонные, так и бентосные организмы, что обеспечит ее достаточное питание в период миграции (Москаленко, 1958; Решетников, 1980; Кузикова, 1986; Селюков и др., 1990; Степанова и др., 2010). Исследования, проведенные в Карелии в питомном оз. Мителамба, показали, что сеголетки муксуна в условиях высокой плотности посадки в октябре имели среднюю массу 9–15 г, при разреженной посадке — 19–40 г (Дмитриенко, 1978; Методические ..., 1979).

В результате изучения кормовой базы рыб в р. Иртыш Омской области нами был определен продукционный потенциал водотока по зоопланктону и зообентосу. Продукция зоопланктона и зообентоса оценивается в 1390 т и 2980 т соответственно. Прирост ихтиомассы может составить около 400 т, в том числе за счет зоопланктона — 100 т и 300 т за счет зообентоса. Согласно промысловой статистике средний вылов рыбы в р. Иртыш в 1970–2017 гг. составил около 300 кг/км реки. Учитывая длительность анализируемого ряда, можно допустить, что популяции иртышских рыб продуцируют ихтиомассу близкую величине изъятия. Исходя из этого, прирост биомассы ихтиофауны

со всей акватории Иртыша Омской области составляет около 340 т. Остаточная продукция кормовых организмов (60 т) может быть освоена скатывающейся в Обскую губу молодью муксуна. Ориентировочные объемы зарыбления по кормовой базе составляют порядка 120 млн. экз. (60 т: 0,5 г). Поскольку это достаточно грубый расчет, то при более детальном изучении кормовой базы и обеспеченности пищей эта величина может быть уточнена для каждого года исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщая изложенный материал, можно заключить, что в пределах Нижнего Иртыша ранее осуществлялось ограниченное воспроизводство полупроходного муксуна. Эффективность данного воспроизводства в силу разных причин, главным образом ограниченности нерестовых площадей и благоприятных мест для нагула молоди (пойменных водоемов), являлась низкой. Тем не менее, сам факт нереста и возможности выжившей молоди пополнять промысловый запас ценного биоресурса дает основание на осуществление работы по искусственному воспроизводству муксуна в бассейне р. Иртыш.

Исходя из особенностей размножения муксуна и миграционного поведения его молоди, допускается в весенний период (май) зарыбление личинками пойменных водоемов Нижнего Иртыша (ниже устья р. Тобол). Кроме того, данный район пригоден и для зарыбления в первой половине июля молодью муксуна массой 1,5–3,0 г. Объемы зарыбления в зависимости от цикла урожайности генераций и степени развития кормовой базы могут превышать 100 млн. молоди в год.

Необходимо продолжить работы по созданию пойменных рыбопитомников на р. Обь и в нижнем течении р. Иртыш. Работы по зарыблению р. Иртыш личинками и/или подрощенной молодью муксуна в районе г. Омск не исключаются, но требуют изучения их эффективности. Необходимо изучение экологии молоди, особенностей ее

миграционного поведения, питания, роста и выживаемости.

Таким образом, на основе биологии вида рассмотрены различные варианты развития искусственного воспроизводства в бассейне р. Иртыш. Независимо от того, какой вариант будет принят, актуальной проблемой является восстановление популяции муксуна, и необходимо приложить максимум усилий для ее решения. Рассмотренные рекомендации по зарыблению водных объектов бассейна р. Иртыш, к сожалению, в целом не решают проблему восстановления запасов полупроходной популяции муксуна. Необходимы более масштабные работы по искусственному воспроизводству вида в целом в бассейне р. Обь, в том числе в р. Томь. При этом, учитывая современную ситуацию с состоянием запасов муксуна, необходима мобилизация всех имеющихся воспроизводственных мощностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аннотированный каталог круглоротых и рыб континентальных вод России* / Под ред. Ю.С. Решетникова. М.: Наука, 1998. 218 с.
- Башмаков В.Н. К биологии муксуна реки Оби // Тр. Барабинского отд. ВНИОРХ. Т. III. Новосибирск: Изд-во Главсибрыбпрома, 1949. С. 91–108.
- Богданов В.Д., Мельниченко И.П. Ихтиофауна бассейна р. Мордыахи // Биологические ресурсы и проблемы развития аквакультуры на водоемах Урала и Западной Сибири. Тезисы докл. Всерос. конф (17–18 сентября 1996 г.г. Тюмень). Тюмень, 1996. С. 25–26.
- Визер А.М. Влияние гидрологического режима на формирование донной фауны Верхней Оби // Концептуальные и прикладные аспекты научных исследований и образования в области зоологии беспозвоночных. Материалы IV межд. конф. Томск, 2015. С. 40–42.
- Вовк Ф.И. Нельма (*Stenodus leucichthys nelma* Pallas) р. Оби (биологический очерк) // Тр. Сиб. отд. ВНИОРХ. 1948. Т. 7. Вып. 2. С. 3–79.
- Воробьева А.И., Логачев Е.Д., Тарасевич Д.Н. Проблемы чистой воды и медико-санитарное состояние водоемов // Рыбн. хоз-во и итоги биологических рыбохозяйственных исследований в Западной Сибири за 1971–1975 гг. Изд-во Томского ун-та, 1979. С. 54–57.
- Вотинов Н.П. Муксун, как объект искусственного разведения и акклиматизации // Искусственное разведение осетровых и сиговых рыб в Обь-Иртышском бассейне // Тр. Обь-Тазовского отд. ГосНИИОРХ. Нов. серия. Тюмень: Тюменское книжное издательство, 1963, Т. 3. С.115–137.
- Вышегородцев А.А., Заделенов В.А. Промысловые рыбы Енисея. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. 303 с.
- Доклад об экологической ситуации в Омской области за 2016 год // Министерство природных ресурсов и экологии Омской области. Омск: ООО «Омскбланк-издат», 2017. 318 с.
- Дмитриенко Ю.Ю. Морфологические показатели сеголеток муксуна, пеляди и ряпушки, выращиваемых в озерных питомниках Карелии // Рыбохозяйственное изучение внутренних водоемов. Сб. № 23. Биологические ресурсы озер и водохранилищ. Л., 1978. С. 6–10.
- Дрягин П.А. Промысловые рыбы Обь-Иртышского бассейна // Изв. ГосНИИОРХ. 1948. Т. 25. Вып. 2. С. 3–105.
- Еньшина С.А. К вопросу о влиянии промысла ценных полупроходных видов рыб в Томской области на их запасы // Биологические ресурсы и проблемы развития аквакультуры на водоемах Урала и Западной Сибири // Тезисы докл. Всерос. конф (17–18 сентября 1996 г.г. Тюмень). Тюмень, 1996. С. 40–42.
- Зайцев В.Ф., Ростовцев А.А., Шиповалов Л.А. и др. Оценка современного состояния запасов водных биоресурсов реки Иртыш Омской области и перспективы их использования // Вестник рыбохозяйственной науки. Тюмень, 2015. Т. 2. № 4 (8). С. 22–34.

- Иоганзен Б. Г., Волошина Л. В., Залозная В. В. и др. Влияние промышленного загрязнения на биологию водоемов Средней Оби // Вторая всесоюзная научн. конф. по вопросам водной токсикологии (7–9 декабря 1970 г.). Баку: Изд-во «ЭЛМ», 1970. С. 34–35.
- Карасев Г. Л. Зоогеографическое районирование территории Западно-Сибирского региона по фауне рыб // Экология рыб Обь-Иртышского бассейна. М.: Товарищество научн. изданий КМК, 2006. С. 37–70.
- Кассал Б. Ю. Видовое многообразие рыб, амфибий и рептилий Омской области // Омский научный вестник. 2014. № 2 (134). С. 203–206.
- Князев И. В., Брусынина И. Н. О мониторинге сиговых рыб в пойме Нижней Оби // Четвертое Всес. совещ. по биологии и биотехнике разведения сиговых рыб (ноябрь 1990, г. Вологда). Л.: 1990. С. 88–89.
- Князев И. В., Брусынина И. Н. Численность и биомасса сиговых рыб в пойменном водоеме Нижней Оби // Экология. 1992. № 5. С. 65–70.
- Конева Л. А. Нельма верхнего бьефа плотины Новосибирской ГЭС // Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Томск, 1972. 21 с.
- Кочетков П. А., Коновалова Т. А., Янкова Н. В., Тунев В. Е. Популяционные показатели муксуна (*Coregonus muksun* Pallas, 1814) реки Оби под воздействием промысла // Биология, биотехника разведения и состояние запасов сиговых рыб. 9 межд. науч. — производ. совещание. Тюмень, 2016. С. 55–57.
- Крохалевский В. Р., Замятин В. А., Захаренко А. А., Полукеева Т. Л. Рост молоди муксуна в пойменных водоемах Нижней Оби // Рыбохозяйственные водоемы России фундаментальные и прикладные исследования. II Всерос. научн. конф. с международным участием (2–4 апреля 2018 г. Санкт-Петербург). С.-Пб., 2018. С. 222–227.
- Кузикова В. Б. Питание муксуна *Coregonus muksun* (Pall.) на Кутопьюганских салмах // Динамика численности промысловых рыб Обского бассейна. Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. В. 243. Л., 1986. С. 104–108.
- Ли С. С. География Омской области: Уч. для вузов. Омск: Амфора, 2009. 25 с.
- Литвиненко А. И., Капустина Я. А., Матковский А. К., Семенченко С. М. Современное состояние и проблемы восстановления запасов сиговых рыб Обь-Иртышского бассейна // Биология, биотехника разведения и состояние запасов сиговых рыб. 9 межд. науч.-производ. совещание. Тюмень, 2016. С. 57–60.
- Литвиненко А. И., Матковский А. К., Крохалевский В. Р. и др. Современное состояние ресурсов промысловых ВБР Западной и Восточной Сибири и проблемы их рационального использования // Актуальные вопросы рационального использования водных биологических ресурсов. Материалы первой научной школы молодых ученых и специалистов. М.: Изд-во ВНИРО, 2013. С. 193–215.
- Литвиненко А. И., Семенченко С. М., Чепуркина М. А., Андриенко Е. К. Современное состояние искусственного воспроизводства ценных видов рыб в Обь-Иртышском бассейне // Аквакультура Сибири: взаимосвязь с европейской технологической и инновационной платформой по аквакультуре. Материалы межд. конф. Тюмень, 2009. С. 49–59.
- Матковский А. К. Явление хоминга у сиговых рыб Обь-Иртышского и Пуртазовского бассейнов // Поведение рыб / Материалы докл. международной конф. Борок. 2005. М.: Изд-во «АКВАРОС», 2005. С. 322–326.
- Матковский А. К. Основные закономерности динамики численности муксуна *Coregonus muksun* р. Обь и их использование для управления его запасом // Вопр. рыболовства. 2006. Т. 7. № 3 (27). С. 505–521.
- Матковский А. К. Деградиационные процессы в популяции муксуна р. Оби и необходимые меры по восстановлению его численности // Биология, биотехника разведения и состояние запасов сиговых рыб.

Седьмое межд. науч. — производ. совещание. Тюмень, 2010. С. 176—181.

Матковский А. К. Пастбищная аквакультура как важнейший элемент восстановления популяций ценных промысловых видов рыб Обь-Иртышского бассейна // Аквакультура Европы и Азии: реалии и перспективы развития и сотрудничества. Международная научно-практическая конф. (Улан-Удэ, оз. Байкал, 1—7 августа 2011 года). Тюмень: Госрыбцентр, 2011. С. 119—121.

Матковский А. К. Способ определения приемной емкости на примере сиговых рыб Обь-Иртышского бассейна // Биология, биотехника разведения и состояние запасов сиговых рыб. 9 межд. науч.-производ. совещание. Тюмень, 2016. С. 62—64.

Матковский А. К. Один из способов определения приемной емкости водных объектов на примере рыб Обь-Иртышского бассейна // Вопр. рыболовства. 2017. Т. 18. № 3. С. 383—395.

Матковский А. К. Результаты антропогенного воздействия на ихтиофауну Обь-Иртышского бассейна // Человек и север. Антропология, археология, экология. Материалы всерос. научн. конф. (г. Тюмень, 2—6 апреля 2018 г.). Тюмень: ФИЦ Тюменский научный центр СО РАН, 2018. С. 539—543.

Матковский А. К., Кочетков П. А., Степанова В. Б. и др. Обеспеченность пищей необходимых объемов искусственного воспроизводства осетровых и сиговых видов рыб в водных объектах Обь-Иртышского бассейна // Вестник рыбохозяйственной науки. 2017. Т. 4. № 1 (13). С. 20—40.

Матковский А. К., Кочетков П. А., Янкова Н. В. и др. Необходимые объемы искусственного воспроизводства сиговых рыб Обь-Иртышского бассейна // Биология, биотехника разведения и состояние запасов сиговых рыб. 9 межд. науч. — производ. совещание. Тюмень, 2016. С. 64—66.

Методика исчисления размера вреда, причиненного биологическим ресурсам. Приказ Федерального агентства по рыболовству № 1166 от 25 ноября 2011 г.,

(зарегистрирован Министерством юстиции РФ 05 марта 2012 г, регистрационный № 23404). М., 2011. 42 с.

Методические указания по выращиванию сеголетков муксуна в моно- и поликультуре в озерах-питомниках / Под ред. А. И. Харченко. Петрозаводск, 1979. 10 с.

Москаленко Б. К. Биологические основы эксплуатации и воспроизводства сиговых рыб Обского бассейна. Тюмень: Тюменское кн. изд-во, 1958. 250 с.

Мухачев И. В. Воспроизводство ценных рыб в естественных водоемах // Рыбное хозяйство и итоги биологических рыбохозяйственных исследований в Западной Сибири за 1971—1975 гг. Изд-во Томского ун-та, 1979. С. 28—31.

Мухачев И. С. Биологические основы рыбоводства. Учебное пособие. Тюмень: ТГСХА, 2005. 260 с.

Никонов Г. И. Опыт перевозки муксуна в р. Сев. Сосьву // Искусственное разведение осетровых и сиговых рыб в Обь-Иртышском бассейне. Тр. Обь-Тазовского отд. ГосНИОРХ. Т. III. Тюмень, Тюменское кн. изд-во, 1963. С. 195—204.

Никонов Г. И. Биология муксуна бассейна Тазовской губы // Рыбное хозяйство Обь-Иртышского бассейна. Свердловск, Средне-Уральское кн. изд-во, 1977. С. 9—18.

Павлов Д. С., Мочек А. Д. Биологическое значение русловых ям в связи со стратегией сохранения рыбных ресурсов Обь-Иртышского бассейна // Экология рыб Обь-Иртышского бассейна. М.: Т-во научн. изданий КМК, 2006. С. 370—376.

Петкевич А. Н. Биологические основы рационального рыбного хозяйства в Обь-Иртышском бассейне // Проблемы рыбного хозяйства водоемов Сибири. Тюмень, 1971. С. 3—61.

Петрова Н. А. Биология нельмы *Stenodus leucichthys nelma* (Pallas) бассейна р. Иртыш // Вопр. ихтиологии. 1976. Т. 16. Вып. 1 (96). С. 21—32.

Петрова Н. А. Ихтиофауна р. Иртыш в пределах Омской области // Вопр.

- ихтиологии. 1987. Т. 27. Вып. 1. С. 24—29.
- Петрова Н.А., Касьянов В.П. Некоторые данные о заходе муксуна в бассейн Иртыша // Рыбное хозяйство на водоемах Западной Сибири. Сб. научн. тр. ГосНИОРХ. 1981. Вып. 171. С. 56—59.
- Полымский В.Н. Естественная и промысловая смертность полупроходных сиговых рыб Обского бассейна в период анадромной миграции // Динамика численности промысловых рыб Обского бассейна. Сб. научн. тр. ГосНИОРХ. 1986. Вып. 243. С. 30—33.
- Ракиеров П.К. Промысловый лов рыбы в водоемах Омской области. Омск: Омское обл. кн. изд-во, 1955. 40 с.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1972. Т. 15. Вып. 2. 408 с.
- Решетников Ю.С. Экология и систематика сиговых рыб. М.: Наука, 1980. 302 с.
- Селюков А.Г., Степанов А.М., Елифанов А.В., Коев А.В. Половые циклы обского муксуна в современных условиях // Четвертое всесоюзное совещание по биологии и биотехнике разведения сиговых рыб. Л., 1990. С. 66—67.
- Семенченко С.М., Смешливая Н.В., Тутулов И.А., Жуков О.Ю. Опыт сбора икры муксуна и нельмы на садковом хозяйстве в условиях Западной Сибири // Биология, биотехника разведения и состояние запасов сиговых рыб. 9 межд. науч.—производ. совещание. Тюмень, 2016. С. 91—93.
- Степанова В.Б., Коршунов А.В., Коршунов С.А., Терентьев И.А. Современные данные о питании сиговых рыб в эстуарии Оби // Современное состояние водных биоресурсов. Материалы 2-й межд. конф. Новосибирск, 2010. С. 110—112.
- Студенов И.И., Чупов Д.В., Устюжнинский Г.М. и др. Обзор исследований миграции смолтов атлантического лосося — семги в бассейне реки Печора // Рыбохозяйственные водоемы России фундаментальные и прикладные исследования. II Всерос. научн. конф. с международным участием (2—4 апреля 2018 г. Санкт-Петербург). С-Пб., 2018. С. 348—353.
- Чепуркина М.А., Соломина Н.П. Первый опыт длительной транспортировки сеголеток сибирского осетра несамостоятельным живорыбным судном // Пресноводная аквакультура: состояние, тенденции и перспективы развития: материалы науч.—практ. конф. Тюмень, Госрыбцентр, 2010. С. 162—164.
- Чепуркина М.А., Чепуркин Ю.Г., Голова В.Г. и др. К вопросу о влиянии длительной перевозки сеголеток сибирского осетра живорыбным судном на их выживаемость и физиологическое состояние // Осетровое хоз-во. С-Петербург: ООО Типография «Береста», 2009. С. 27—39.
- Чибряева У.В., Визер А.М., Померанцева Д.П. Развитие зоопланктона Верхней Оби в условиях экстремальной водности // Водные экосистемы Сибири и перспективы их использования. Материалы конф. с межд. участием. Томск, 2011. С. 144—145.
- Шумилов И.П., Замятин В.В. Состояние запасов сиговых и их использование в речной системе Обского бассейна // Биологические основы рыбного хозяйства Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во «Наука» СО РАН, 1983. С. 148—150.
- Яковлева А.С. Некоторые закономерности роста муксуна р. Пур // Тезисы докладов всесоюзного совещания по биологии и биотехнике разведения сиговых рыб. М., 1977. С. 125—126.
- Korentovich M., Litvinenko A. Artificial reproduction of Siberian sturgeon fingerlings for restocking the Siberian rivers of the Ob'-Irtysh basin: A Synthesis // Siberian sturgeon. Springer. France, 2017. P. 181—217.
- Matkovskiy A.K. The influence of the hydrological regime on populations of whitefish in the Ob basin // 12 th International Symposium on the Biology and Management of Coregonid fishes (25—30 August, 2014, Irkutsk, Listvyanka, Russia). 2014. P. 50.

ARTIFICIAL REPRODUCTION OF WHITEFISH *COREGONUS MUKSUN* (PALLAS, 1814) (SALMONIFORMES, COREGONIDAE) IN THE IRTYSH RIVER BASIN. PROBLEMS AND PROSPECTS

V.F. Zaitsev¹, E.V. Egorov¹, A.K. Matkovskiy², E.A. Interesova¹, A.L. Shipovalov¹

¹*Novosibirsk branch of Russian Federal «Research institute of fisheries and oceanography» «VNIRO» («ZapSibNIRO») Novosibirsk, 630091*

²*Tyumen branch of Russian Federal «Research institute of fisheries and oceanography» «VNIRO» («Gosrybcenter») Tyumen, 625023*

In the Ob-Irtysh fisheries basin, whitefish — *Coregonus muksun* has traditionally been one of the main objects of fishing. In 1950–1960 years it catches averaged 3,9 thousand tonnes per year. The reduction of the main spawning grounds as a result of the deterioration of the river ecology and the high intensity of fishing in the middle of the twentieth century led to a decrease in the population of whitefish. In 1980–1990 t years here was a decrease in catches to 0,7–1,3 thousand tons per year. In this period, catches of whitefish in the whole Ob-Irtysh basin have fallen to 10 tons, and the catch is only for research purposes and aquaculture. In Irtysh River come only a few individuals. Under these conditions, the restoration of commercial stocks of the species is possible only through artificial reproduction and reducing the impact of IUU fishing. The return of the lost places of whitefish reproduction becomes an urgent task. Modern studies have shown that to restore the population of whitefish it will take at least 20 years to move from 0,3 to 1,4 billion copies grown up to 1,5 g juvenile whitefish. Fish-breeding complex ООО «Borodino» in Omsk has repair-brood stock of whitefish in the amount of 6 thousand copies and is able to retrieve and incubate eggs, raise and hold the stocking with fry of whitefish in the Irtysh River in the volume of about 15 million copies. With the emergence of such enterprises an important task is the development of scientific recommendations for the efficiency of works on artificial reproduction. The work should be carried out on the basis of knowledge of the species biology, peculiarities of its reproduction, distribution and migration of juveniles. Fish-breeding processes for the stocking of water bodies should fully comply with the natural life cycle of whitefish. In the article on the basis of generalization of information on biology of whitefish and conditions of its dwelling recommendations on its artificial reproduction in the basin of the Irtysh River are given.

Key words: whitefish, *Coregonus muksun*, Irtysh, Ob, basin fisheries, fishing, reproduction, uvenile, migration.

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 574.587: 574.62

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОМЫСЛОВОЙ СТАТИСТИКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ
ДИНАМИКИ ЗАПАСА КРАБА-СТРИГУНА БЭРДА**

© 2019 г. А. И. Буяновский

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии,
Москва, 107140
E-mail: albuy@mail.ru*

Поступила в редакцию 09.01.2019 г.

На примере трех единиц запаса краба-стригуна Бэрда анализируется несколько методов оценки годового прироста запаса по данным судовых суточных донесений с промысла. Минимальный положительный прирост получается, если 1) период промысла поделить на несколько сезонов; 2) оценивать влияние на промысел фактора судна, (3) рассчитать средние уловы в каждом сезоне. Поправку на изменение площади предлагается учитывать только при ее уменьшении, при увеличении ее рекомендуется применять только при наличии доказательства появления новых скоплений. Приводится алгоритм расчета абсолютных значений доступного запаса в разные годы. Вводится понятие скорректированной оценки запаса, основанной на индикаторном подходе (методе светфора) и учитывающей как данные учетных съемок, так и промысловую статистику. *Ключевые слова:* промысел, улов на усилие, плотность запаса, краб-стригун, стандартизация, обобщенные линейные модели, метод светфора

ВВЕДЕНИЕ

Промысловая статистика (ПС) — это сводные данные, поступающие с промысла в виде суточных судовых донесений (ССД) — один из источников информационного обеспечения прогноза состояния запаса. Роль ПС в последние годы все более возрастает. Важнейшим показателем при ее анализе служит улов на усилие, который часто рассматривают как величину, пропорциональную (промысловому) запасу. Наименее искажаемой величиной улова на усилие, получаемой из данных промысловой статистики, является суточный вылов одного судна, измеряемый в тоннах на судно-сутки (т/судосут.) (Буяновский, Алексеев, 2017).

Оценку величины запаса и его динамики, как правило, выполняют по данным учетных съемок. По отношению к промысловым крабам, регулярные съемки проводятся только для сравнительно небольшого числа популяций (Алексеев и др., 2017). Данные ПС, напротив, собираются ежегодно, и ис-

следователи все чаще внедряют их в методы оценки запаса, причем не только по отношению к крабам (Бабаян и др., 2014, 2018; Баканев, 2015).

В предыдущей работе для оценки начального запаса был предложен оригинальный алгоритм, основанный на методе Лесли (Буяновский, 2019). При его использовании возникли затруднения, связанные со сравнением запасов в разные годы. Например, для краба-стригуна Бэрда у Корякского берега (Западно-Беринговоморская рыбопромысловая зона) запас в 2014 г. составил 1514 ± 176 т, а в 2015 г. — 353 ± 3 т. Из этих данных следует, что в 2015 г. запас сильно упал, но другие источники свидетельствуют, что он был стабилен. Следовательно, наблюдаемые различия могут быть связаны с иными причинами — разницей в сроках промысла (рис. 1), разным списком работающих судов, межгодовой изменчивостью распределения запаса по районам и сезонам.

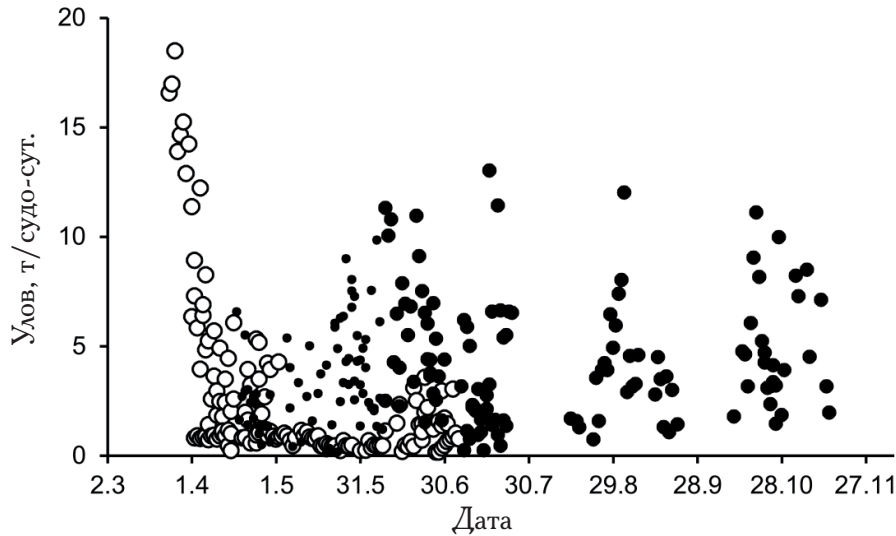


Рис. 1. Динамика уловов краба-стригуна Бэрда у Корякского берега в 2014 (●, ●) и 2015 (○) гг. ●, ○ — данные, использованные для оценки начального запаса методом Лесли. ● — данные 2014 г., не использованные для оценки запаса методом Лесли.

С учетом этих обстоятельств, цель данной работы можно определить как поиск метода оценки, который, во-первых, учитывает неравномерность распределения запаса в пространстве и во времени; во-вторых, учитывает различия в сроках промысла и производительности судов; в-третьих, адекватно отражает межгодовую динамику запаса через данные, содержащиеся в промысловой статистике.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом послужили данные ССД в базе отраслевой системы мониторинга. Для анализа выбирали следующие параметры: вид, рыбопромысловая зона/подзона, судно, дата, орудие лова, суточный вылов одним судном (т/судно-сутки промысла, далее — суточный улов), среднесуточные координаты. Усилие рассчитывали как число суток, проведенных всеми судами на промысле в течение года (судно-сутки).

В качестве примеров были выбраны единицы запаса, относящиеся к крабу-стригуну Бэрда (*Chionoecetes bairdi*) из трех рыбопромысловых районов — Корякского берега (рыбопромысловая зона Западно-Берингово-морская), Олюторского залива (подзона Карагинская), юго-западной Камчатки (подзона

Камчатско-Курильская). Выбор был связан с тем, что ранее для каждой единицы запаса в один из годов были выполнены оценки запаса с помощью метода Лесли (Буяновский, 2019).

Для анализа были взяты данные за 2013—2017 гг., когда промысловая статистика начала давать более или менее достоверную информацию (Шагинян, 2014).

Общая характеристика метода. Оценку годового прироста запаса выполняли с помощью коэффициентов, рассчитываемых при сравнении данных за два соседних года. Для выполнения сравнительной оценки было использовано пять методов расчета через:

1. Отношение среднегодовых суточных уловов без стандартизации.
2. Отношение среднегодовых суточных уловов и соответствующих им усилий.
3. Отношение среднегодовых суточных уловов с учетом фактора судна, но без учета влияния фактора сезона.
4. Отношение средних суточных уловов в одни и те же сезоны с учетом длительности сезона, влияния фактора судна и сроков промысла.
5. Отношение стандартизированных среднегодовых суточных уловов с учетом влияния факторов года, сезона и судна.

Предварительная обработка данных (по всем выбранным единицам запаса) заключалась в удалении ССД, относящихся к научным исследованиям или прилову при промысле других видов — оставляли только сведения, относящиеся к промышленному и прибрежному специализированному лову.

Поскольку значительная часть ССД, подаваемых из Западно-Берингоморской зоны содержала координаты, не соответствующие району промысла (Буяновский, Алексеев, 2017), то для анализа были использованы только данные, координаты которых располагались между меридианами 173°20' и 174°40' в.д. Для остальных районов, где доля данных с сомнительными координатами была низкой, использовали все ССД, поданные в течение года. Данные по Западно-Берингоморской зоне, поданные из района западнее 171°30' в.д. были использованы для корректировки оценок запаса в Олюторском заливе.

Для сравнения среднегодовых суточных уловов (метод 1) для каждого из двух сравниваемых лет суточные уловы усредняли без учета факторов района, срока и судна, ведущего промысел. Коэффициент годового прироста вычисляли как отношение значений, рассчитанных для более позднего года к значениям, рассчитанным для более раннего года.

Еще один индекс (G) рассчитывали как отношение произведений среднегодовых суточных уловов и усилий (метод 2):

$$G = \frac{C_t \times E_t}{C_{t-1} \times E_{t-1}}, \quad (1)$$

где C_t и C_{t-1} — средние суточные уловы в годы t и $t-1$. E_t и E_{t-1} — усилия в эти же годы.

В основе расчета лежит допущение, что величина усилия пропорциональна облавливаемой площади¹, а величина среднегодового суточного улова пропорциональна плотности запаса. Следовательно, при уве-

личении улова и усилия запас растёт и $G > 1$. При их уменьшении запас падает и $G < 1$. Если же улов и усилие меняются разнонаправленно, то значение G может показывать, в каком направлении меняется величина запаса: если $G > 1$, запас растёт, а если $G < 1$ — снижается.

Для расчета *стандартизированных среднегодовых суточных уловов* (метод 5) применяли метод обобщенных линейных моделей (GLM-метод). Подготовку данных выполняли в файле MS-Excel на одном листе. Отдельными колонками заносили данные по судну, сезону, году и суточным уловам. Все данные, кроме сведений по уловам, содержали буквенные символы (например, для года — Г-2014), чтобы модель воспринимала их как независимые факторы, а не как непрерывные переменные, меняющиеся в определенной последовательности. Для удобства каждая колонка в первой строке снабжалась заглавием. Каждый массив содержал данные за два соседних года, начиная с 2013 г.

Для предварительного выделения сезонов у Корякского берега и Юго-Западной Камчатки использовали методику попарного сравнения средних суточных уловов в соседние месяцы (Буяновский, Алексеев, 2017); в Олюторском заливе объединение выполняли экспертно. Подразделения на районы не проводили ввиду компактности распределения промысловых скоплений.

Дальнейшие вычисления выполняли в программной среде R, включив пакет Rcmdr. Так же как и ранее (Буяновский, 2019) при расчете коэффициентов обобщенной линейной модели предпочтение отдавали логарифмической функции связи (между средней величиной зависимой переменной и независимыми переменными). После вывода результатов расчета, годовой прирост улова оценивали как экспоненту коэффициента влияния фактора года. Эта величина отражает гипотетическую ситуацию, когда все суда, зарегистрированные в районе, работают в оба года в одни и те же сезоны.

¹ Впоследствии существование такой зависимости было показано для нескольких десятков выборок другого вида, но в данную работу эти материалы не вошли.

Для оценки годового прироста улова с учетом факторов судна и сезона (методы 3–4) был разработан оригинальный алгоритм.

Величину запаса можно представить формулой:

$$N = n \times S, \quad (2)$$

где n — средняя плотность запаса, S — площадь облавливаемого района.

Плотность и среднесуточный улов можно связать формулой:

$$n = C / u, \quad (3)$$

где C — среднесуточный улов, u — среднесуточная площадь облова судна, далее удельная площадь. По отношению к крабоидам и крабам среднесуточная площадь может быть рассчитана как произведение площади зоны эффективного действия ловушки на число ловушек, обработанных за сутки, усредненное для разных судов.

Каждое судно, участвующее в промысле, облавливает удельную площадь u_k , которую можно представить как преобразованную площадь, облавливаемую неким стандартным судном u_0 :

$$u_k = f_k \times u_0, \quad (4),$$

где f_k — коэффициент, зависящий от особенностей судна (числа ловушек, видов приманки, тактики лова и т.п.), и в дальнейшем называемый фактором судна.

При работе нескольких судов средняя удельная площадь u будет равна отношению суммы удельных площадей каждого судна к числу судов. Поскольку на промысле каждое судно затрачивает разные усилия (судосутки), то эту зависимость можно представить следующим образом:

$$u = \frac{\sum_{k=1}^K u_0 \times f_k \times e_k}{E}, \quad (5),$$

где K — число судов, e_k — усилие, затрачиваемое одним судном; E — суммарное усилие.

Формула (3) справедлива только в том случае, если на протяжении всего периода наблюдений значение n в разные сезоны остается постоянным. В действительности

оно может заметно колебаться, и требуется выделение временных ячеек, внутри которых этими колебаниями можно пренебречь². После выполнения данной процедуры — выделения контрольных сезонов (Буяновский, Алексеев, 2017), в каждой ячейке согласно формуле (3):

$$n_i = \frac{C_i}{u_i}, \quad (6)$$

где i — номер ячейки, C_i — среднесуточный улов в ячейке, u_i — удельная площадь в ячейке, рассчитываемая по формуле (5).

С учетом формулы (6) среднегодовая плотность в регионе n может быть рассчитана как средневзвешенная величина, определяемая вкладом каждой ячейки:

$$n = \sum_{i=1}^P (p_i \times n_i), \quad (7)$$

где p_i — доля временной ячейки от 0 до 1, суммарная доля равна 1; P — число ячеек.

Или, с учетом формул (5) — (7):

$$n = \frac{1}{u_0} \times \sum_{i=1}^P \left(\frac{p_i \times C_i \times E_i}{\sum_{k=1}^{K_i} f_k \times e_{k_i}} \right), \quad (8)$$

где E_i — суммарное усилие в ячейке; K_i — число судов в ячейке, e_{k_i} — усилие k -го судна в ячейке.

Соответственно формулу запаса можно представить:

$$N = \frac{S}{u_0} \times \sum_{i=1}^P \left(\frac{p_i \times C_i \times E_i}{\sum_{k=1}^{K_i} f_k \times e_{k_i}} \right), \quad (8a)$$

Формула (8a) может быть использована при сравнении запаса за два года. При этом единственным необходимым условием должно быть наличие судна, для которого удельная площадь облова (u_0) в оба сравниваемых года является постоянной. Если запас сравнивается в два соседних года, то как

² Безусловно, требуется и учет пространственного фактора, но в данной работе, где районы добычи объекта расположены компактно, он не учитывается. Эту проблему предполагается осветить в одной из следующих публикаций.

правило, такие суда (с постоянным костяком экипажа) существуют. Если число ячеек и их доли в сравниваемые годы (t и $t-1$) одинаковы, то итоговую формулу можно представить так:

$$\frac{N^t}{N^{t-1}} = \frac{S^t}{S^{t-1}} \times \frac{\sum_{i=1}^P \left(\frac{p_i \times C_i^t \times E_i^t}{\sum_{k=1}^{K_i} f_k \times e_{k_i}^t} \right)}{\sum_{i=1}^P \left(\frac{p_i \times C_i^{t-1} \times E_i^{t-1}}{\sum_{k=1}^{K_i} f_k \times e_{k_i}^{t-1}} \right)}, \quad (9)$$

Все параметры правой части формулы (9), за исключением S , могут быть оценены по данным, которые содержит отраслевая система мониторинга.

При переходе от соотношения численностей к соотношению биомасс следует к формуле (9) добавить еще один множитель — (W_t / W_{t-1}) , где W_t и W_{t-1} — средние массы промысловых самцов в более поздний и более ранний год соответственно. Когда эти показатели равны (а это бывает чаще) данной поправкой можно пренебречь.

Долю каждой временной ячейки (контрольного сезона; в формуле (9) — p_i) оценивали как отношение длительности каждого сезона, варьировавшей от 1 до 5 месяцев, к 12 (месяцам). Соответственно, минимальная доля в ячейке составляла 0,08 (табл. 1).

Фактор судна. При сравнении данных за два года GLM-метод позволяет рассчитать коэффициенты влияния «фактора судна» по отношению к эталону, для которого такой коэффициент равен 0. По умолчанию в качестве эталона выбирается судно, которое стоит первым по алфавиту, и при

желании (обрабатывающего данные) им может стать любое судно из перечня. Значения коэффициентов при смене эталона также будут меняться и, соответственно, результаты расчетов по формуле (9) будут различаться. Для преодоления этой неопределенности в качестве эталона было выбрано некое абстрактное судно, для которого коэффициент влияния фактора был равен не 0, а значению общего смещения (Intercept) в уравнении обобщенной линейной модели. При логарифмической функции связи для каждого судна коэффициент, характеризующий влияние его фактора, рассчитывали как экспоненту суммы значений общего смещения и (специфического для данного судна) коэффициента, рассчитываемого методом GLM. При таком подходе, значения f_k формулы (9) оставались постоянными, независимо от изменений слагаемых, происходивших в связи со сменой эталонного судна.

Изменение площади. Учитывая компактность районов промысла и сравнительно небольшое усилие, для двух единиц запаса — у Корякского берега и в Олюторском заливе площадь во все годы считали постоянной. Для юго-западной Камчатки, где усилие в разные годы варьировало, ежегодная оценка изменения площади была необходимой.

Поскольку каждое значение ССД содержит координаты, его можно нанести на карту, и далее, используя возможности контурирования в ГИС «Картмастер» — посчитать площадь района (Бизиков и др., 2013). Но при этом всегда возникает вопрос, какие точки с координатами следует отбросить как ошибочные (Буяновский, Алексеев, 2017),

Таблица 1. Доля каждого сезона при оценках межгодового прироста запаса краба-стригуна Бэрда в разных районах

Район	Месяцы											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Корякский берег	-	-	0,08	0,08	0,08	0,50						0,08
Олюторский залив	-	-	-	0,33				0,08	0,08	-	0,08	-
Юго-Западная Камчатка	0,08	0,25			0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08

и как избежать субъективизма при оконтуривании скоплений.

Один из методов решения данной проблемы может заключаться в представлении площади как суммы обследованных (одинаковых) прямоугольников. Для этого надо знать два параметра: оптимальный размер прямоугольника и минимально допустимое число ССД, подаваемых из пределов прямоугольника, позволяющих считать его площадь обследованной. На основании предыдущих исследований (Буяновский, Алексеев, 2017; Буяновский, 2018) второй параметр можно принять равным 10.

С учетом данного обстоятельства представляется, что оптимальной будет такая площадь прямоугольника (площадка), при которой их количество с числом ССД ≥ 10 будет максимальным. При малом размере площадки значительная часть прямоугольников при расчете суммарной площади не будет учитываться вследствие недостаточного числа ССД, поданных из их пределов. При большом размере площадки обнаружение межгодовых различий (в площади) затрудняется из-за малого числа прямоугольников и сильного огрубления оценок вследствие включения в площадки участков, где промысел не ведется, поскольку, чем меньше пло-

щадка, тем больше вероятность, что такие участки учитываться не будут.

Для оптимизации размеров прямоугольника была использована выборка 2015 г., когда с юго-западной Камчатки было подано число ССД, близкое к минимуму (248). Далее, на листе MS-Excel было создано поле с шагом 1 минута по широте (строки) и долготе (столбцы), в ячейки которого помещали координаты каждого ССД, присваивая вес этим данным (1, 2, 3) в зависимости от числа ССД, поданных из одних и тех же координат. За начальные значения брали координаты ближайших параллелей и меридианов с нулевыми минутами. Отсчет вели с юга на север и с запада на восток. После нанесения значений они были просуммированы по долготе с шагом в 2'. Так образовались прямоугольники с шагом в 1' по широте и 2' по долготе, соответствующие приблизительно равным сторонам учетной площадки — квадрата. Суммарное число квадратов, содержащих ≥ 10 ССД, характеризовало величину обследованной площади.

После расчета площади соседние квадраты были просуммированы с шагом по широте в 2' и по долготе в 4'. В результате суммирования появилось больше квадратов, где (за счет слияния) увеличилось число ССД. Эти квадраты были снова подсчитаны, после чего «старые» квадраты (с шагом в 1' по широте и 2' по долготе) были просуммированы с новыми шагами по широте и долготе. В результате наибольшее количество квадратов, содержащих ≥ 10 ССД, было получено при шаге по широте в 7' и по долготе в 14' (рис. 2). Эти значения можно считать шагом, установленным для оценки промысловой площади (подсчета числа квадратов, содержащих ≥ 10 ССД) и последующего расчета ее годового прироста в формуле (9). Данная величина получается объективно и предполагает единственное решение.

Когда для сравнения использовали не все временные ячейки, площадь корректировали, удаляя ССД, относящиеся к неиспользуемым ячейкам с последующим повторным подсчетом числа ССД в каждом квадрате.

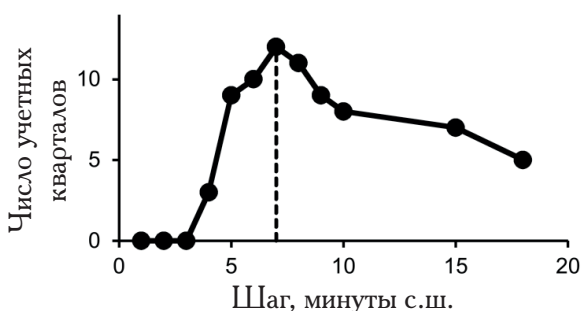


Рис. 2. Зависимость числа учетных квадратов, содержащих 10 и более ССД от размера их стороны при оценке площади, на которой вели промысел краба-стригуна Бэрда у юго-западной Камчатки в 2015 г. Вертикальная линия показывает оптимальный размер стороны квадрата (минуты по широте).

Если не выявляется ни одного квадрата (к данной работе не относится), содержащего 10 и более ССД, площадь рекомендуется считать равной одному квадрату.

Таким образом, для расчета коэффициентов межгодового прироста запаса по методу 4 использовали формулу (9), а при расчете по методу 3 ее упрощали: ρ_i приравнивали к 1, а C_i и E_i — к среднегодовому суточному улову и суммарному усилию за год соответственно.

Расчет запаса и поправка на вылов. Для методов 1–3, 5 величину запаса вычисляли рекуррентным способом: значение, оцененное для одного из годов (t) методом Лесли (Буяновский, 2019) умножали (или делили, если год с неизвестным запасом был более ранним) на коэффициент годового прироста и получали значение для года $t+1$ (или $t-1$ при делении). Поправку на площадь применяли для всех методов, кроме метода 2, где различия в площади отражаются в соотношении усилий.

Далее полученное значение умножали (или делили) на следующий коэффициент годового прироста, вводили поправку на площадь, получали величину запаса для года $t+2$ (или $t-2$ при делении) и т.д.

Поскольку в разные годы промысел начинается в разные сроки, то, при использовании метода 4, вылов накануне сравнения может заметно скорректировать величину начального запаса. При его расчете возможно два варианта — в год, когда запас известен, промысел начался раньше, чем в год, когда он неизвестен, и — наоборот. В первом случае использовали поправку:

$$B_x = (B_0 - Y_0) \times \left(\frac{N_x \times W_x}{N_0 \times W_0} \right), \quad (10a)$$

во втором:

$$B_x = \left[B_0 \times \left(\frac{N_x \times W_x}{N_0 \times W_0} \right) \right] + Y_x, \quad (10б)$$

где B_x , B_0 — начальные запасы в неизвестный и известный год соответственно, Y_0 и Y_x — вылов до наступления первого общего сезона в известный и неизвестный год соот-

ветственно; $\left(\frac{N_x \times W_x}{N_0 \times W_0} \right)$ — коэффициент, рас-

считываемый по формуле (9) с поправкой на разницу в средней массе промыслового самца (W); если неизвестный год предшествовал известному, использовали обратное значение коэффициента.

Формулы (10a) и (10б) легко выводятся при графическом представлении хода промысла, где по оси абсцисс откладываются сезоны, а по ординат — сравниваемые годы.

Пересчитанный по формуле (10) запас вновь соотносили со значением B_0 , и полученный коэффициент годового прироста уже рассматривали как окончательный.

Помимо методов, указанных выше, был использован еще ряд способов оценки — замена средних уловов медианными и стандартизация средних суточных уловов по отдельным сезонам с последующим расчетом по формуле (9). Все они дали или близкие, или худшие результаты (ежегодные колебания прироста запаса были более резкими), и в дальнейшем рассматриваться не будут.

Используемые при обсуждении результатов данные учетных съемок, были взяты из материалов, обосновывающих общие допустимые уловы, и подготавливаемые специалистами филиалов ВНИРО: А.В. Лысенко, П.А. Федотовым (ТИН-РО-центр), П.Ю. Ивановым, О.И. Ильиным, Э.Р. Шагиняном (КамчатНИРО), или из соответствующих публикаций (Федотов, 2017; Ильин, Иванов, 2018). Из этих же источников взяты данные по средней массе промыслового самца.

Помимо пакета RCmdr для обработки информации использовали ПО «Картмастер. 4.1» (Бизиков и др., 2013), «MS-Excel 2010», «STATISTICA».

РЕЗУЛЬТАТЫ

Корякский берег. Средняя масса промыслового самца за весь период наблюдений была одинаковой и составляла 0,75 кг. В 2013–2014 гг. промысел велся в апреле,

Таблица 2. Расчет изменения плотности краба-стригуна Бэрда у Коряжского берега в 2014 г. относительно 2013 г.

Сезон	ρ_i	E_i		C_i		z_i		$(\rho_i \times E_i \times C_i) / z_i$		Комментарии
		2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	
I–III	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	нет данных
IV	0,08	-	20	-	-	-	-	-	-	не хватает данных
V	0,08	57	38	4,5	2,9	282	118	0,08	0,08	
(VI–V)	0,50	83	134	4,4	3,1	341	453	0,54	0,45	
XII	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	нет данных
Итого								0,61	0,53	
Коэффициент прироста 2014/2013							0,53/0,61 = 0,87			

Примечание. В столбце «Сезон» цифрами обозначены номера месяцев, в скобках указан объединенный период; ρ_i — вклад ячейки; E_i — усилие (судо-сут.), C_i — средние суточные нестандартизированные уловы; z_i — сумма произведений фактора судна на затраченное им усилие.

мае и июне-ноябре. Коэффициент годового прироста запаса, рассчитанный по методу 4 в 2014/2013 гг., был равным 0,87 (табл. 2). Оценка запаса методом Лесли в 2014 г. (Буяновский, 2019) дала величину в 1514 т. В 2014 г. промысел начался раньше, и в сезон IV было выловлено 155 т. Запас 2013 г., рассчитанный по формуле (10а) составил 1565 т. Итоговый коэффициент межгодового прироста, таким образом, был равным 0,97.

Аналогично рассуждая, были рассчитаны коэффициенты межгодового прироста за другие пары лет, а также их значения, полученные другими методами (рис. 3, а). Наиболее высокий прирост запаса был отмечен при использовании методов 3 и 5 соответственно. Для методов 1 и 4 максимальные значения коэффициентов прироста составляли 1,56–1,58.

Олюторский залив. Поскольку средняя масса промыслового самца в 2013–2015 гг. составляла 0,62 кг, в 2016–2017 гг. — 0,59 кг, то при оценке прироста в 2016/2015 гг. по формуле (9) была введена поправка на массу, равная 0,95. Оценка запаса методом Лесли в 2014 г. (Буяновский, 2019) составила 461 т.

При расчете запаса в данном районе следует учитывать, что в соседней Западно-Беринговоморской зоне, на ее границе с Карагинской подзоной, куда входит Олюторский залив, есть участок, где в отдельные годы показываются высокие суточные уловы (Буяновский, Алексеев, 2017). Все учетные съемки указывают, что промысловых скоплений здесь нет, и поэтому высокие уловы, скорее всего, связаны с «перевозкой» краба, добытого в Олюторском заливе (и показываемого как выловленного в Западно-Беринговоморской зоне). Чтобы учесть влияние этого фактора, на данном участке для каждого года был подсчитан суммарный вылов, который добавили к расчетному значению начального запаса. Поскольку ошибка оценки, связанная с недоучетом «перевезенного» улова присутствовала при использовании всех методов, то поправку (вылов между границей подзон на западе и 171°30' в.д. на востоке) добавляли ко всем расчетным значениям запаса. После этого пересчитанные значения вновь соотносили, и полученные коэффициенты межгодового прироста рассматривали как окончательные. Максимальный прирост, 3,57, был отмечен при расчете по методу 2 (рис. 3, б; табл. 3).

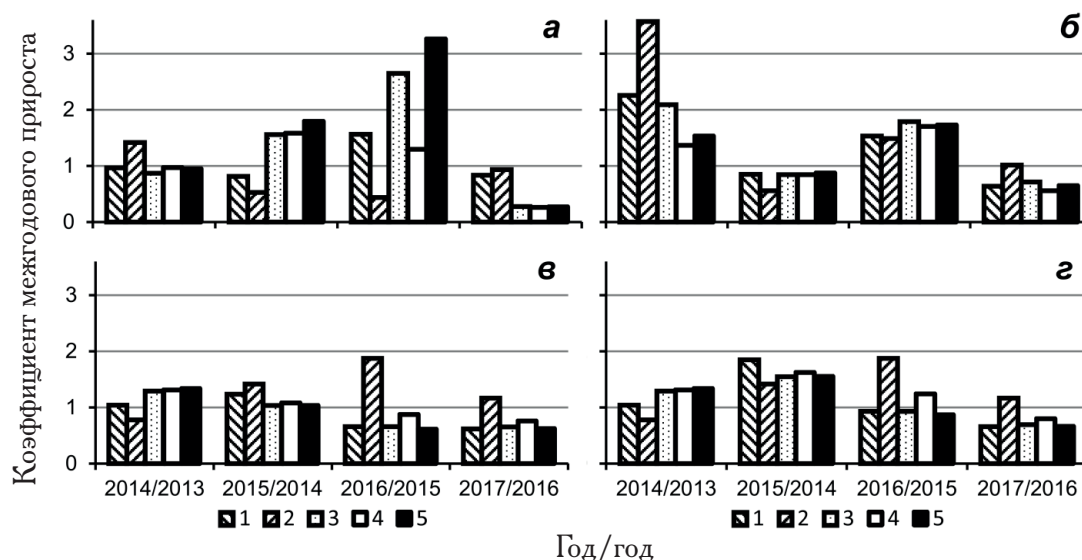


Рис. 3. Коэффициенты межгодового прироста запаса краба-стригуна Бэрда, рассчитанные как отношения: (1) — среднегодовых суточных уловов; (2) — среднегодовых суточных уловов и усилий по формуле (1)); (3) — среднегодовых суточных уловов с учетом фактора судна и без учета сезонов; (4) — среднесуточных уловов, рассчитываемых по формулам (9) и (10); (5) — стандартизированных среднесуточных уловов с учетом факторов года, сезона, судна; а — Корякский берег, б — Олюторский залив, в-г — юго-западная Камчатка без поправки на площадь и с поправкой на нее соответственно.

Юго-западная Камчатка. В отличие от предыдущих районов здесь, начиная с 2014 г. площадь, на которой велся промысел, увеличивалась. В 2017 гг., когда усилие достигло максимальных значений (1332 судо-сут.), площадь по сравнению с 2016 г. изменилась незначительно (в 1,06 раз). Без поправки на площадь (рис. 3, в) максимальный годовой прирост запаса (1,96) был отмечен для метода 2. При использовании других методов он варьировал от 1,03 до 1,42.

При учете поправок на площадь увеличились максимальные приросты, рассчитанные по методам 1 и 4, (рис. 3, г). При использовании остальных методов максимальный прирост составил 1,55–1,62.

ОБСУЖДЕНИЕ

Выбор оптимального метода. Краб-стригун Бэрда, так же как и краб-стригун опилио (*Ch. opilio*), характеризуется большими размерами (промысловая мера по ши-

рине карапакса составляет в разных районах 11 или 12 см), продолжительной жизнью около 20 лет (Иванов, Соколов, 1997), сравнительно невысокой плодовитостью — около 57 тыс. яиц на самку шириной карапакса 74 мм (Чучукало и др., 2011). При таких параметрах неудивительно, что продукция взрослых особей не превышает 10% (Крылов, 2001). Если к этому добавить, что во взаимоотношениях между особями развит каннибализм (Lovrich, Saint-Marie, 1997) и достижение промыслового размера у крабов-стригунов происходит за 9–10 лет (Буяновский, Горянина, 2018), то годовой прирост плотности промысловых самцов даже выше 50% представляется маловероятным. Уменьшение плотности промыслового запаса из-за промысловой смертности, может быть любым.

Сравнение средних и максимальных положительных межгодовых приростов, полученных разными методами, показало (табл. 4), что минимальные значения характерны при применении оригинального алго-

Таблица 3. Пересчет коэффициентов межгодового прироста запаса краба-стригуна Бэрда в Олюторском заливе

Метод №	Коэффициенты межгодового прироста запаса				
	2014/2013	2015/2014	2016/2015	2017/2016	
1	1,50	1,52	1,56	0,51	
2	2,73	0,98	1,53	0,82	
3	1,36	1,51	1,83	0,60	
4	0,83	1,51	1,83	0,44	
5	0,95	1,57	1,76	0,54	
	Расчетный запас (т)				
	2013	2014 ¹	2015	2016	2017
1	308	461	701	1095	558
2	169	461	452	690	566
3	338	461	694	1268	765
4	554	461	695	1270	563
5	487	461	723	1274	688
	Запас (т) с учетом вылова между м. Олюторский и 171° 30' в.д.				
1	378	853	723	1109	704
2	239	853	474	704	712
3	408	853	716	1282	911
4	624	853	717	1284	709
5	557	853	745	1288	834
	Пересчитанные коэффициенты прироста запаса				
	2014/2013	2015/2014	2016/2015	2017/2016	
1	2,26	0,85	1,53	0,64	
2	3,57	0,56	1,49	1,01	
3	2,09	0,84	1,79	0,71	
4	1,37	0,84	1,79	0,55	
5	1,53	0,87	1,73	0,65	

Примечание. ¹ — исходная величина для расчетов, оцененная методом Лесли (Буяновский, 2019); номера методов — такие же, как в «Материале и методике».

ритма (метод 4), а также при использовании обычного усреднения суточных уловов без учета усилия (метод 1). Для обоих выбранных методов средний прирост укладывается в рамки предельного уровня повышения общего допустимого улова (40%), выведенного на основе индикаторного подхода (Алексеев и др., 2017). Остальные методы характеризуются более высокими показателями, и из дальнейшего рассмотрения применительно к данным

единицам запаса они будут исключены. Вместе с тем, целесообразность применения популярной в последние годы стандартизации уловов с помощью GLM-метода (метод 5), планируется изучить дополнительно по мере накопления данных по другим запасам.

Доля вылова по отношению к запasu (оцененному по методу 4) варьировала в широких пределах от 7 до 71%, составляя в среднем ($\pm 90\% CL$) $36 \pm 9\%$. Доля выло-

Таблица 4. Средние и максимальные значения межгодового положительного прироста (%) плотности запаса краба-стригуна Бэрда, оцененные разными методами

Номер метода	Название метода	Средний прирост	Максимальный прирост
1	Отношение среднегодовых суточных уловов без стандартизации	41	126
2	То же, с учетом усилия ¹	64	257
3	Отношение среднегодовых суточных уловов с учетом фактора судна, без учета фактора сезона	61	165
4	Отношение среднесуточных уловов в одни и те же сезоны с учетом длительности сезона, фактора судна, сроков начала промысла ²	34	70
5	Отношение стандартизированных среднегодовых суточных уловов с учетом факторов года, сезона, судна	67	226

Примечание. ¹ Формула (1); ² Формулы (9) и (10).

ва в 2017 г., после которого промысел у юго-западной Камчатки был временно закрыт, составила 69%. И хотя в других районах, даже при такой высокой доле (67–71%), подрыва запаса не происходило, представляется, что превышение 65% следует рассматривать как один из «тревожных» индикаторов (Буяновский, 2012).

Промысловый запас общий и доступный. Данные промысловой статистики характеризуют состояние только той части промыслового запаса, которая сосредоточена в районе промысла — доступного запаса (Буяновский, 2019). Другая его часть располагается за пределами промысловых районов, и ее оценка может быть выполнена только с помощью учетной съемки. Очевидно, что этот «объединенный» запас должен быть больше доступного, и эта закономерность, в основном, подтверждается. У Юго-Западной Камчатки доля доступного запаса (от значений, полученных по данным учетных съемок) в разные годы варьировала от 15 до 39%, в Олюторском заливе — от 23 до 41%, у Корякского берега (без данных 2016 г.) — от 41 до 94%.

Так же, как и другие источники информации, данные учетных съемок не лишены недостатков (Кадильников, 2001; Буяновский, 2012; Алексеев и др., 2017),

из-за которых оценка запаса (методом прямого учета) может искажаться. В этой связи, нельзя исключить, что в единственном случае, когда доступный запас был выше значения, полученного по данным учетной съемки (2016 г., Корякский берег), последнее оказалось заниженным.

Поправка на площадь. Ежегодное изменение доступного запаса может происходить за счет изменения плотности и/или за счет изменения площади, где ведется промысел. Если площадь изменилась, то выяснить, почему это произошло, затруднительно: может измениться или территория, населенная скоплением, или степень освоения этого скопления при постоянных границах последнего. Например, если при сравнении двух лет, усилие и обследованная площадь снизились, это может означать и то, что площадь скопления уменьшилась (в силу снижения численности), и то, что в более поздний год из-за малого усилия была обследована только часть занимаемой скоплением площади. Точно также расширение площади при росте усилия может означать как то, что скопление расширилось, так и то, что в промысел вовлеклись ранее не осваиваемые участки (с такой же плотностью).

С учетом вышесказанного при регистрации изменения площади промысла тре-

буется доказать, что или в новых районах промысловых скоплений ранее не было, или в оставленных районах они исчезли. Если такие доказательства есть, то прирост запаса следует оценивать с поправкой на площадь. Если их нет, следует руководствоваться принципом, что завышение запаса более опасно для его устойчивой эксплуатации, чем занижение (Алексеев и др., 2017). Приняв это положение, можно рекомендовать при уменьшении площади динамику запаса считать с поправкой, а при увеличении — без нее.

Поскольку у юго-западной Камчатки площадь в более поздний год ни разу не уменьшалась, то прирост доступного запаса следует считать без поправки, то есть он идентичен изменению плотности.

Скорректированная оценка запаса. Элементы неопределенности, проявляющиеся в чрезмерном годовом приросте запаса, присутствуют во всех методах его оценки, включая учетные съемки. В этих условиях для увеличения надежности прогноза можно использовать индикаторный подход, который учитывает показатели из разных источников.

В соответствии с существующим алгоритмом (Буяновский, 2012) первый шаг заключается в выборе перечня индикаторов и установления их приоритетности. Такими индикаторами могли бы быть: данные учетных съемок (индикатор 1), прирост доступного запаса по методу 4 (2), коэффициент годового прироста нестандартизированного среднегодового суточного улова (3), доля вылова от доступного запаса в более поздний из двух сравниваемых лет (4). Приоритетным индикатором должны быть данные учетных съемок, остальные индикаторы рекомендуются применять как вспомогательные.

Следующим шагом является формулировка критериев для разделения красного, желтого и зеленого полей индикаторов. Для индикаторов 1–2 можно использовать значение в 20%, что составляет предельную амплитуду колебания для стабильного запаса по отношению к крабам-стригунам (Алексеев и др., 2017).

Ежегодное изменение запаса в пределах 80–120% будет соответствовать желтому полю, а изменение в большую или меньшую сторону — зеленому и красному полям соответственно.

Для индикатора 3 границей может быть достоверность различий ($p < 0,05$) среднегодовых суточных уловов. Если они достоверно не отличаются, то индикатор находится в желтом поле, а если отличаются — в зеленом или красном.

Для индикатора 4 такими границами зеленого, желтого и красного полей могут быть значения в 45 и 65%. Первая величина соответствует верхней границе 90%-го доверительного интервала для среднего, вторая — уровню, выше которого может быть зарегистрирован перелов (см. выше).

Далее необходимо сформулировать правила оценки интегрального годового прироста в зависимости от сочетания цветов. Если все индикаторы одного цвета, то противоречий в оценке текущего состояния запаса нет, и его величина может быть оценена по приоритетному показателю — данным учетной съемки. Если один или два вспомогательных индикатора иного цвета, это означает, что в оценке запаса разными методами есть противоречия. В этом случае прирост предлагается оценивать по средней величине для индикаторов 1–3. Если иной цвет обнаруживается у всех вспомогательных индикаторов, это указывает на вероятность смещенной оценки, выполненной по данным учетной съемки, и тогда ежегодный прирост надо оценивать по данным промысловой статистики. Тем не менее, и в этом случае при принятии решения цвет основного индикатора следует учитывать. Если он зеленый, то предлагается выбрать максимальный коэффициент прироста среди индикаторов 2–3; если желтый, то следует выбрать коэффициент, который ближе всего к единице, независимо от того больше он или меньше ее; если — красный, то выбираемый коэффициент должен быть минимальным.

После оценки интегрального годового прироста требуется расчет абсолютной

величины запаса. Поскольку при любой В итоге будет получено среднее значение, учетной съемке возможны ошибки, то для рассчитанное по результатам разных лет уменьшения неопределенности предлагается (табл. 5), которое предлагается называть брать за основу данные каждого года, опи- скорректированной оценкой (запаса), и для- раясь на которые можно выполнить пересчет которого можно рассчитать доверительные рекуррентным способом (опорные данные). интервалы. Для независимости пересчетов

Таблица 5. Алгоритм расчета скорректированной оценки запаса на примере краба-стригуна Бэрда Олюторского залива

Шаг 1. Исходные данные для определения индикаторов					
	2013	2014	2015	2016	2017
Запас по данным учетных съемок, т	2502	3707	2840	2872	1648
Доступный запас, т	624	853	717	1223	681
Среднегодовой суточный улов, т/ судо-сут.	2,0	3,0	4,5	7,1	3,6
Вылов / (доступный запас)	0,24	0,71	0,33	0,28	0,61
Шаг 2. Расчет прироста запаса и определение цветов индикаторов (объяснение в тексте)					
№ и название индикатора	2014/2013	2015/2014	2016/2015	2017/2016	
1. Прирост запаса по данным УС	1,48 (з)	0,77 (к)	1,01 (ж)	0,57 (к)	
2. Прирост доступного запаса	1,37 (з)	0,84 (ж)	1,70 (з)	0,55 (к)	
3. Прирост среднегодовых уловов	1,50 (з)	1,52 (з)	1,56 (з)	0,51 (к)	
4. Доля вылова от доступного запаса	к	з	з	ж	
Шаг 3. Расчет интегральной оценки прироста					
	2014/2013	2015/2014	2016/2015	2017/16	
Прирост	1,45	0,84	1,56	0,55	
Коммен- тарий	Среднее по индикато- рам 1—3	Минимальное по индикато- рам 2—3	Ближе к 1, по индикаторам 2—3	Среднее по индикато- рам 1—3	
Шаг 4. Расчет скорректированной оценки запаса, т					
	2013	2014	2015	2016	2017
Пересчет от 2013 г.	2502	3623	3046	4754	2602
Пересчет от 2014 г.	2561	3707	3117	4866	2663
Пересчет от 2015 г.	2333	3379	2840	4434	2426
Пересчет от 2017 г.	1587	2298	1931	3015	1648
Среднее ± 90% CL	2246±450	3252±651	2733±548	4267±855	2335±468

Примечание. з, ж, к — соответствующие цвета светофора.

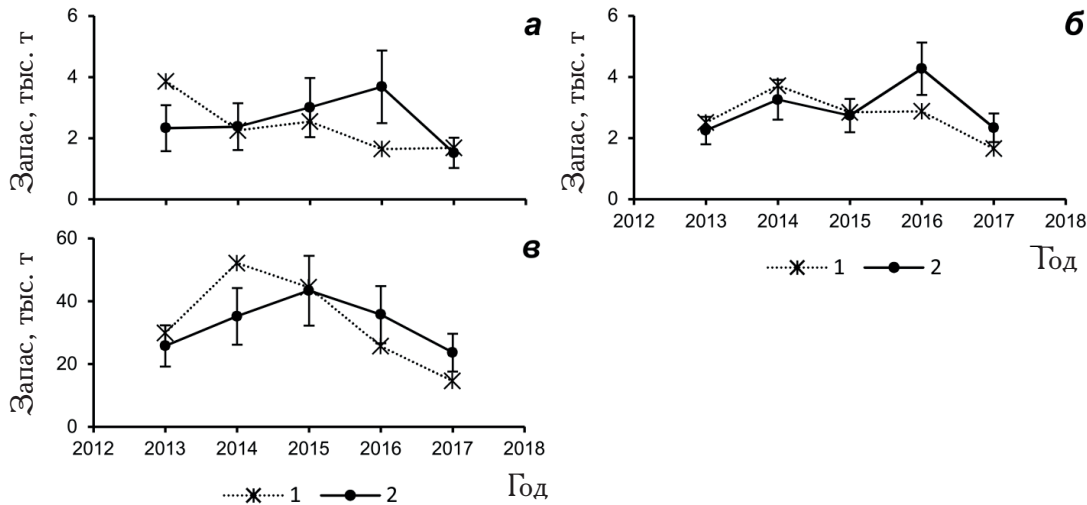


Рис. 4. Динамика биомассы запаса (тыс. т) краба-стригуна Бэрда, рассчитанного по исходным данным учетных съемок (1) и скорректированного с учетом промысловой статистики (2): а — Корякский берег, б — Олюторский залив, в-юго-западная Камчатка. По оси абсцисс — годы, по ординат — биомасса запаса, тыс. т, планки погрешностей показывают 90% доверительный интервал.

в качестве опорных данных рекомендуется использовать только те, которые были получены по результатам выполненных и репрезентативных съемок — результаты интерполяций, усреднений, данные неполных съемок брать в качестве опорных не следует. Например, в Олюторском заливе в 2016 г. съемку не делали, и расчетные данные (среднемноголетние) не были использованы при вычислении скорректированной оценки (табл. 5, шаг 4).

Для большинства лет в разных районах скорректированные оценки были близки к данным учетных съемок (табл. 5; рис. 4), хотя в некоторых случаях промысловая статистика вносила определенные корректировки. Например, заметны различия для Олюторского залива в 2016 г., но именно в этот год учетных съемок в заливе не проводили, а использованное значение (2872 т) является расчетным (среднее за 2013–2015 и 2017 гг.).

Как правило, положительный ежегодный прирост скорректированной оценки запаса не превышал 40%. Отклонения от этой тенденции в Олюторском заливе могут быть связаны с относительно высокой долей незаконного вылова (см. выше), который,

в свою очередь, может искажать промысловую статистику.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Скорректированная оценка запаса снимает кажущиеся противоречия между количественными методами оценки и индикаторным подходом, который в большей степени отражает качественные изменения. Заменяя собой данные прямого учета, скорректированные оценки запаса точно также могут быть использованы при прогнозировании с помощью модельных или немодельных методов. Их основным преимуществом по отношению к исходным данным учетных съемок является учет данных промысловой статистики — альтернативного независимого источника информации о состоянии запаса (Буяновский, Алексеев, 2017). Для единиц запаса, по которым регулярно выполняется научный мониторинг (работа научного сотрудника на промысловом судне), эти данные также могут быть включены в скорректированную оценку в качестве еще одного вспомогательного индикатора.

Включение в анализ доли вылова (индикатор 4) показывает, что и другие индикаторы

торы в дальнейшем могут быть использованы при расчете скорректированной оценки, и самое важным здесь является выработка соответствующих решений и правил их принятия (табл. 5).

Будучи основным индикатором при расчете скорректированной оценки, данные учетных съемок, указывают на необходимость их регулярного выполнения. Их не смогут заменить материалы промысловой статистики, которые отражают динамику только части запаса.

В соответствии с новыми принципами регулирования промысла крабов (Алексеев и др., 2017) важнейшим элементом для выработки плана эксплуатации запаса является его статус. Он выводится на основе индикаторного подхода, и поэтому скорректированная оценка запаса, интегрирующая результаты учетных съемок, промысловые уловы, затраченное усилие и вылов, может рассматриваться как основа для определения статуса, снимающая противоречия, которые могут возникать при рассмотрении каждого индикатора в отдельности.

В данной работе не учитывали, что в одной подзоне может быть несколько изолированных районов. В некоторых районах промысел в отдельные годы может прекращаться. Не для всех единиц запаса регулярно выполняются учетные съемки. Некоторые скопления могут располагаться в нескольких подзонах. Учету всех этих обстоятельств при расчете скорректированной оценки запаса планируется посвятить следующую работу, где будет рассмотрена динамика запасов близкого вида — краба-стригуна опилио.

БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаю искреннюю признательность своему коллеге, к.б.н. Л.К. Сидорову (ФГБНУ «ВНИРО»), предоставившему первичные данные из отраслевой системы мониторинга. Благодарю также главного научного сотрудника ФГБНУ «ВНИРО» д.т.н. Т.И. Булгакову за ценные критические замечания, высказанные при чтении рукописи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев Д.О., Буяновский А.И., Бизиков В.А. Принципы построения единой стратегии регулирования промысла крабов в морях России // *Вопр. рыболовства*. 2017. Т. 18. № 1. С. 21–41.

Бабаян В.К., Бобырев А.Е., Булгакова Т.И. и др. Методические рекомендации по оценке запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов. М.: Изд-во ВНИРО, 2018. 312 с.

Бабаян В.К., Булгакова Т.И., Васильев Д.А. и др. Оценка запасов и ОДУ минтая восточной части Охотского моря с использованием данных ИС «Рыболовство» // *Тр. ВНИРО*. 2014. Т. 151. С. 3–17.

Баканев С.В. Оценка запаса камчатского краба в Баренцевом море с использованием моделей истощения // *Вопр. рыболовства*. 2015. Т. 16. № 4. С. 465–476

Бизиков В.А., Буяновский А.И., Гончаров С.М. и др. Базы данных и информационные системы в управлении водными биологическими ресурсами // *Матер. I науч. шк. молодых ученых и специалистов по рыбному хозяйству и экологии*. М.: Изд-во ВНИРО, 2013. С. 108–133.

Буяновский А.И. Прогноз потенциального вылова прибрежных беспозвоночных при затруднении с оценкой запаса. Методические рекомендации. М.: Изд-во ВНИРО, 2012. 222 с.

Буяновский А.И. Использование промысловой статистики для районирования акватории при исследовании морских донных беспозвоночных // *Вопр. рыболовства*. 2018. Т. 18. № 4.

Буяновский А.И. К использованию моделей истощения для оценки промысловых запасов крабов // *Там же*. 2019. Т. 20, № 1. С. 107–122.

Буяновский А.И., Алексеев Д.О. Промысловая статистика как индикатор состояния запаса промысловых беспозвоночных // *Там же*. 2017. Т. 18, № 3. С. 268–282.

Буяновский А.И., Горянина С.В. Возрастной состав самцов краба-стригуна опи-

лио в ловушечных уловах в Баренцевом море // Там же. 2018. Т. 19, № 3. С. 327–342.

Иванов Б.Г., Соколов В.И. Краб-стригун *Chionoecetes opilio* (Crustacea Decapoda, Brachyura Majidae) в Охотском и Беринговом морях // *Arthropoda Selecta*. 1997. Т. 6, вып. 3–4. С. 63–86.

Ильин О.И., Иванов П.Ю. К оценке состояния запасов краба-стригуна Бэрди Камчатско-Курильской подзоны // Исслед. вод. биол. ресурсов Камчатки и Северо-западной части Тихого океана. 2018. Вып. 50. С. 27–33.

Кадильников Ю.В. Вероятностно-статистическая теория рыболовных систем и технической доступности для них водных биологических ресурсов. Калининград: Изд-во. АтлантНИРО, 2001. 277 с.

Крылов В.В. Отношение годовой продукции к биомассе промысловых самцов краба-стригуна *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius) // Исслед. биологии промысловых ракообразных и водорослей морей России М.: Изд-во ВНИРО, 2001. С. 92–93.

Чучукало В.И., Надточий В.А.,

Федотов П.А., Безруков Р.Г. Питание и некоторые черты биологии краба стригуна опилио (*Chionoecetes opilio*) в Чукотском море // Изв. ТИНРО. 2011. Т. 167. С. 197–206.

Федотов П.А. Текущее состояние запасов краба-стригуна берди и ближайшие перспективы его промысла в западно-беринговоморской зоне // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КГТУ. 2017. С. 181–185.

Шагинян Э.Р. Состояние запаса и оценка численности синего краба (*Paralithodes platypus*, Brandt) Западно-Камчатской подзоны в путину 2013 г. // Исслед. вод. биол. ресурсов Камчатки и Северо-западной части Тихого океана. 2014. Вып. 35. С. 56–62.

Lovrich G.A., Sainte-Marie B. Cannibalism in the snow crab, *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius) (Brachyura, Majidae), and its potential importance to recruitment // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 1997. V. 211. N 2. P. 225–245.

USE OF FISHERIES STATISTICS FOR THE TANNER CRAB STOCK DYNAMICS

© 2019 y. A. I. Buyanovsky

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, 107140

Several methods of the of the stock increment estimation based on the tanner crab daily catches dynamics are analyzed for three populations. The estimated annual increment occurs minimal if both (1) the fisheries period is divided into several seasons, (2) the vessel factor is taken into account, (3) average daily catches are calculated for each season. The deviation on the square change is recommended to be applied for the estimation of the stock change only if the square decreases. If it increases the deviation should be applied if it is proved that the new fishery aggregations appeared. Algorithm of the calculation of available stock dynamics is given. Calculation of the corrected stock assessment based on the indicator approach (traffic-light method) and taken in account the data of both sample surveys and fisheries statistics is proposed.

Keywords: fisheries, catch per effort (CPUE), stock density, tanner crab, standardization, general linear models, traffic-light method

Компьютерная верстка
А.А. Шимчук

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ №ФС77-45410
от 15 июня 2011 г. в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)
Учредитель — ФГБНУ «ВНИРО»

Подписано в печать 25.12.2019 г.
Печать офсетная

Формат бумаги 60×90 1/8
Бумага 70 г/м²

Тираж 100 экз.

Редакция журнала «Вопросы рыболовства»
Тел.: 8 (499) 264-65-33, e-mail: vr@vniro.ru