Том 204, вып. 1. С. 86–111.

Izvestiya TINRO, 2024, Vol. 204, No. 1, pp. 86–111.



РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТИХООКЕАНСКОЙ ТРЕСКИ *GADUS MACROCEPHALUS* (GADIDAE) И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ЕЕ АРЕАЛА В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЯПОНСКОГО МОРЯ И НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЕЕ ПРОМЫСЛА

А.О. Золотов*

Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО), 690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

Аннотация. На основании данных донных траловых съемок, выполненных в 1980–2023 гг., проанализировано сезонное и батиметрическое распределение основных возрастных групп тихоокеанской трески в северной части Японского моря. Уточнены основные районы концентрации ее зимовальных и нерестовых скоплений и летнего нагула. Определены основные направления и сроки сезонных миграций. Показано, что относительно мелководный участок шельфа в северной части Татарского пролива в период с июня по сентябрь является районом формирования смешанных скоплений трески двух популяций. Обсуждено влияние данного фактора на точность оценок запасов тихоокеанской трески и предложены возможные рекомендации по регулированию ее промысла.

Ключевые слова: северная часть Японского моря, тихоокеанская треска, распределение, сезонные миграции, нагул, нерест, промысел

Для цитирования: Золотов А.О. Распределение тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* (Gadidae) и функциональная структура ее ареала в северной части Японского моря и некоторые вопросы регулирования ее промысла // Изв. ТИНРО. — 2024. — Т. 204, вып. 1. — С. 86–111. DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-86-111. EDN: BQFVZK.

Original article

Distribution of pacific cod *Gadus macrocephalus* (Gadidae) and functional structure of the habitat in the northern Japan Sea and some issues on regulation of the fishery

Alexander O. Zolotov

Pacific branch of VNIRO (TINRO), Shevchenko Alley, 4, Vladivostok, 690091, Russia Ph.D., leading researcher, Alk-90@yandex.ru, ORCID 0000-0002-7438-2991

Abstract. Seasonal and bathymetric distribution of the main age groups of pacific cod in the northern Japan Sea are considered on the data of bottom trawl surveys in 1980–2023. The main wintering and spawning accumulations, where the fish concentrate from December to January and then spawn in February-March, are formed on the external shelf and the upper

© Золотов А.О., 2024

СС () вт

^{*} Золотов Александр Олегович, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Alk-90@yandex.ru, ORCID 0000-0002-7438-2991.

continental slope along the western coast approximately between Peter the Great Bay and 47°N and along the eastern coast between Cape Krillon and 47°30'N. The juveniles have feeding migrations from April to May, while older age groups complete the migrations a month later. They migrate in three main directions: from the areas at the mainland coast – southwestward and northeastward and from the areas at western Sakhalin — southward. The juveniles feed on shallows in Peter the Great Bay, northern Tatar Strait, and on southwestern shelf of Sakhalin between the Nevelsky Bay and Cape Krillon, whereas the feeding grounds for older groups occupy two vast areas including Peter the Great Bay with the adjacent southeastern shelf of Primorye and the shelf of northern Primorye in the Tatar Strait (to the north from 47°N) with the whole shelf of Sakhalin. In the northern Tatar Strait (northward from 48°N), the cod belonged to the Primorve and Sakhalin stocks can feed together. The feeding season lasts from June to September. The older cod feed usually deeper that the juveniles. Back migrations of cod for wintering occur from October to November. Because of a joint feeding area where the mainland and Sakhalin stocks are able to mix, the bottom trawl surveys at Primorve coast cannot be used for correct assessment of the total available catch (TAC) in this fishing district. To improve quality of the cod fishery forecasts, the methods of cohort or production analyses should be used, with the control by bottom trawl surveys data, as alternative information about the state of cod stocks, taking into account the abovementioned patterns of seasonal distribution and migrations.

Keywords: northern Japan Sea, pacific cod, fish distribution, seasonal migration, feeding, spawning, fishery

For citation: Zolotov A.O. Distribution of pacific cod *Gadus macrocephalus* (Gadidae) and functional structure of the habitat in the northern Japan Sea and some issues on regulation of the fishery, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2024, vol. 204, no. 1, pp. 86–111. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-86-111. EDN: BQFVZK.

Введение

Несмотря на то что основу годовых уловов на Дальнем Востоке традиционно составляют минтай и лососевые рыбы, на современном этапе развития российской рыбной промышленности тихоокеанская треска остается значимым объектом промысла. В 2010–2020-е гг. при годовых уловах всех видов водных биологических ресурсов (ВБР) по Дальневосточному рыбохозяйственному бассейну на уровне 3–4 млн т доля трески в среднем оценивалась величиной 2,6 %, или около 90 тыс. т в год [Золотов и др., 2020].

Основной промысел тихоокеанской трески в российских водах Северной Пацифики сосредоточен в западной части Берингова моря, в Охотском море и на тихоокеанском шельфе восточной Камчатки и Курильских островов. Наименее развит ее лов в северной части Японского моря: в водах Приморья и западного Сахалина, где добывают чуть более 1 % ее годовых уловов по Дальневосточному бассейну. В последнее десятилетие суммарный среднегодовой вылов в этих двух районах оценивался на уровне 2,2 тыс. т.

Большая часть ареала северояпономорской трески приходится на российские воды. Согласно опубликованным результатам генетических исследований [Смирнова и др., 2018] треска северной части Японского моря неоднородна. Результаты микросателлитного анализа ДНК свидетельствуют о достоверных различиях особей двух выборок, что позволяет предполагать существование двух популяций.

К одной из них с большой вероятностью могут быть отнесены рыбы, обитающие в Татарском проливе вдоль западного побережья о. Сахалин, а также к востоку и юго-востоку, через прол. Лаперуза, вдоль северного побережья о. Хоккайдо вплоть до тихоокеанских и охотоморских вод о. Кунашир. Ко второй относятся особи, населяющие акваторию, прилегающую к зал. Петра Великого, и распределяющиеся вплоть до восточного (япономорского) побережья Южной Кореи. С определенной долей условности в рамках настоящего исследования первая популяция именуется «западносахалинской», а вторая — «приморской».

Наличие в одном рыбопромысловом регионе двух группировок трески, особи которых совместно обитают в пределах одной акватории и в течение года могут образовывать смешанные скопления, — явление в дальневосточных морях нехарактерное.

Как правило, напротив, почти в каждом из крупных районов (зоне, подзоне) Дальневосточного бассейна промысел трески основан на эксплуатации особей одной популяции: западноберинговоморской [Вершинин, 1984; Савин, 2023] и карагинской [Золотов, 2010] — в Беринговом море; восточнокамчатской, северо- и южнокурильской — в тихоокеанских водах Камчатки и Курильских островов [Полтев, 2003; Золотов, 2010; Терентьев и др., 2010; Золотов и др., 2020]; западнокамчатской — на шельфе западной Камчатки [Винников, 2008].

Существование двух популяций трески в северной части Японского моря предполагает повышенное внимание к изучению таких аспектов биологии, как особенности сезонного распределения и миграций в ходе годового цикла, поскольку они могут влиять на точность оценки запасов как напрямую, в ходе учетных съемок, так и косвенно, через модельные расчеты, которые основываются на промысловых данных. В конечном итоге от этой точности зависят ежегодные рекомендации, касающиеся уровня годового изъятия и величины общего допустимого улова (ОДУ).

В общих чертах схемы миграций тихоокеанской трески, как приморской, так и западносахалинской популяций, к настоящему времени известны. На разных исторических этапах исследований этому вопросу уделял внимание целый ряд отечественных специалистов [Моисеев, 1953; Ким Сен Ток, 1998; Калчугин и др., 2004; Савин, Калчугин, 2011; Савин, 2016]. Однако постепенное накопление данных учетных съемок, организация детального сбора первичных материалов для оценки возрастного состава уловов трески в ходе исследований в 2022 г. на НИС «Владимир Сафонов» и «Дмитрий Песков», расхождение между оценками ОДУ трески подзоны Приморье (61.06.1) по данным прямых учетов и по модельным оценкам, а также видимое несоответствие этих оценок фактическим результатам промысла последних лет вынуждают вновь обращаться к этому вопросу.

Таким образом, целью настоящего исследования являлось уточнение особенностей сезонного распределения основных возрастных групп тихоокеанской трески и ее миграций в ходе годового цикла в северной части Японского моря и разработка рекомендаций по использованию полученных результатов применительно к оценке ее запасов и регулированию промысла.

Материалы и методы

В основу работы положены материалы многолетних донных траловых съемок, выполненных специалистами отраслевых рыбохозяйственных научно-исследовательских институтов в 1980–2023 гг. в северной части Японского моря (подзоны Приморье (61.06.1) и Западно-Сахалинская (61.06.2)). Сбор биостатистических материалов в период съемок осуществлялся по стандартным ихтиологическим методикам [Борец, 1997; Атлас..., 2004]. Оценку биомассы и построение схем распределения по данным съемок осуществляли с помощью ГИС «Картмастер» [Бизиков и др., 2007]. Всего в работе использованы результаты научно-исследовательских рейсов и около 10,3 тыс. тралений.

Принцип обработки данных съемок для анализа распределения трески по возрастным группам можно пояснить на примере исследований 2022 г. на НИС «Владимир Сафонов» и «Дмитрий Песков». Первое судно осуществляло исследования в подзоне Приморье, второе — в Западно-Сахалинской (рис. 1). Разделение подзоны Приморье на отдельные районы по мысу Золотому было сделано, что в историческом плане эта условная граница существовала до 2020 г. и многие исследования планировались с ее учетом.

Особенностью сбора материалов для оценки возраста трески в ходе съемки 2022 г. было то, что практически все ее пойманные особи (за исключением трех массовых уловов молоди) подвергались процедуре полного биологического анализа (ПБА) с отбором регистрирующих возраст структур (отолитов).

Определение возраста трески и измерение ширины годовых приростов производили в отраженном свете по поперечным обожженным сломам отолитов [Буслов, 2009]. Таким образом, после камеральной обработки возрастных препаратов по результатам исследований 2022 г. для каждой станции с уловом трески был получен набор численностей ее особей по возрастным группам в экземплярах, что давало возможность для построения соответствующих схем распределения. Для всех остальных лет наблюдений оценка численности рыб по возрастным группам на станциях съемок производилась с использованием размерно-возрастного ключа, сформированного по итогам сборов в период донной траловой съемки 2022 г.

Поскольку объемы выборки для определения возраста в 2022 г. были невелики (~820 экз.), для формирования размерно-возрастных ключей использовали данные обратных расчислений длины рыб в зависимости от возраста.



Рис. 1. Схема станций донной траловой съемки в апреле-мае 2022 г. на НИС «Дмитрий Песков» и «Владимир Сафонов» и возрастной состав тихоокеанской трески по подзонам и условным районам: *1* — зал. Петра Великого; *2* — подзона Приморье «Центр» (от зал. Петра Великого до мыса Золотого); *3* — подзона Приморье «Север»; *4* — подзона Западно-Сахалинская «Север»; *5* — подзона Западно-Сахалинская «Юг»

Fig. 1. Scheme of bottom trawl survey in April-May 2022 (RV Dmitry Peskov and RV Vladimir Safonov) and age composition of pacific cod, by areas: I — Peter the Great Bay; 2 — central part of the Primorye fishing subzone (from Cape Povorotny to Cape Zolotoy); 3 — northern part of the Primorye fishing subzone; 4 — northern part of the West Sakhalin fishing subzone; 5 — southern part of the West Sakhalin fishing subzone

Если бы формирование ключей выполнялось традиционным способом [Чугунова, 1959], эквивалентное число определений возраста составило бы ~3,6 тыс. экз. Аналогичную методику уже применяли ранее при оценке запасов желтоперой камбалы, обитающей на восточном и западном шельфе о. Сахалин [Золотов и др., 2014], северной двухлинейной камбалы западной части Берингова моря [Золотов и др., 2023], южной двухлинейной камбалы и трески южных Курильских островов [Золотов, Дубинина, 2017; Золотов и др., 2020].

Построение схем распределения трески выполнено с использованием ГИС «КартМастер» согласно методике, использовавшейся нами ранее [Золотов, 2011, 2021; Золотов и др., 2012, 2018]. Акватория района исследований, от 42° до 52° с.ш. и от 132°00' до 144°20' в.д., была разбита на полигоны со стороной, равной 12', в пределах которых производилось предварительное осреднение учтенной численности трески по возрастным группам на траление по всем годам наблюдений и выполненным рейсам. Для этого предварительно фактические уловы на траление пересчитывались к стандартному: продолжительность траления — 30 мин, скорость судна на тралении 2,5 уз, тип трала — 27,1 м. А затем осуществлялась нормировка полученных величин по всем полигонам на максимальное значение.

Осреднение производилось по всем съемкам в рамках следующих периодов года, соответствующих определенным этапам в жизненном цикле трески: февраль-март (нерест); апрель-май (миграции к местам нагула); июнь-сентябрь (нагул); октябрь-ноябрь (обратные миграции); декабрь-январь (формирование зимовальных скоплений).

Первоначально распределение в течение года анализировали для каждого возраста дискретно, но после получения предварительных результатов, с учетом опубликованной информации о половом созревании трески в северной части Японского моря [Вдовин, 2019], данные скомпоновали, и в дальнейшем расчеты проводили для следующих функциональных групп: годовики; 2–3-годовики («рекруты» — рыбы до наступления возраста массового полового созревания, составляющие основное пополнение промыслового и нерестового запаса); 4–7-годовики (рыбы, составляющие основу запаса); 8–12-годовики (крупноразмерные старшевозрастные рыбы, представляющие остаток группировки).

Результаты и их обсуждение

Линейный рост. Поскольку предыдущими исследователями [Смирнова и др., 2018] генетическая неоднородность трески северной части Японского моря была показана, на начальном этапе исследований был выполнен сравнительный анализ скорости линейного роста самцов и самок, принадлежащих приморской и западносахалинской популяциям. Для снижения вероятности использования образцов из смешанных скоплений исследовали только отолиты, взятые от рыб, выловленных в районах № 1, 2 и 5 (рис. 1). Результаты исследования представлены на рис. 2.

Выяснено, что для обоих полов и для всех возрастных групп межпопуляционные различия в годовых приростах недостоверны на высоком уровне значимости ($t_{st} = 2,62$; p < 0,01). Таким образом, скорость линейного роста трески приморской и западноса-халинской популяций в течение жизни сопоставима и возможность разделения их в уловах на основе этого показателя отсутствует. Возможно, изменения этого параметра у тихоокеанской трески в большей степени обусловлены реализацией потенции к росту в связи с условиями обитания, в первую очередь трофическими, которые для особей приморской и западносахалинской популяций должны быть примерно одинаковы.

Наоборот, показательным в этом смысле является тот факт, что по сравнению с треской, обитающей на шельфе южных Курильских островов (рис. 2), которая при микросателлитном анализе ДНК попадала в один кластер с западносахалинской [Смирнова и др., 2018], самцы и самки обеих популяций северной части Японского моря первые три года растут достоверно медленнее на том же уровне значимости. Это, возможно, свидетельствует о том, что условия обитания молоди трески на южнокурильском шельфе благоприятнее. Впоследствии, к старшим возрастам, благодаря механизмам компенсации линейный рост выравнивается и начиная с возраста массового полового созревания различия в годовых приростах недостоверны.

Видимым практическим результатом этой части исследований явилось то, что отсутствие различий в скорости роста между двумя популяциями трески северной части Японского моря позволило сформировать единый размерно-возрастной ключ, использованный для дальнейшей обработки данных.



Рис. 2. Линейный рост тихоокеанской трески в северной части Японского моря и у южных Курильских островов: *1* — зал. Петра Великого и южное Приморье (до мыса Золотого); *2* — западный Сахалин; *3* — южнокурильский шельф

Fig. 2. Linear growth of pacific cod in the northern Japan Sea and at southern Kuril Islands: l —Primorye fishing subzone southward from Cape Zolotoy, including Peter the Great Bay; 2 — West Sakhalin fishing subzone; 3 — South Kuril fishing zone

Распределение годовиков. В целом распространение трески и ее миграции в течение жизни подчиняются общим для многих рыб закономерностям: приуроченность молоди к основным участкам размножения; выраженные вертикальные сезонные перемещения, связанные с нерестом и нагулом, что проявляется в формировании максимально агрегированных концентраций в зимний сезон близко к внешней границе материкового склона и, напротив, разреженных скоплений на мелководье в летнеосенние месяцы; расширение латеральных миграций и нагульного ареала в целом по мере взросления рыб.

Исходя из этого распределение годовиков трески в северной части Японского моря тесно связано с локализацией ее основных нерестилищ. Размножение трески в этой части моря проходит в основном с февраля по март [Моисеев, 1953; Элькина, 1963; Ким Сен Ток, 1998; Савин, Калчугин, 2011], и расположение участков нереста устанавливалось обычно по местам поимок нерестовых особей в ходе научно-исследовательских или промысловых рейсов.

Довольно подробный обзор выявленных к настоящему времени районов размножения тихоокеанской трески в северной части Японского моря представлен в сводке А.Б. Савина [2016]. Из него, в частности, следует, что основной нерест у западного Сахалина происходит у верхней кромки материкового склона заливов Делангля и Невельского и у о. Монерон. Сходная информация приводится и в работе Ким Сен Тока [1998], по его данным основные концентрации производителей отмечались в районе от 46°40′ до 47°20′ с.ш. и юго-западнее о. Монерон на глубинах 300–550 м.

Оконтуренные участки поимок нерестовых особей у берегов северного Приморья, по литературным данным, простирались от мыса Поворотного в северо-восточном направлении вплоть до 48°21′ с.ш. на глубинах от 95 до 400 м. Основные скопления производителей наблюдались к востоку от зал. Петра Великого, и их плотность заметно снижалась в северо-восточном направлении, а распределение носило выраженный мозаичный характер. По всей видимости, весь этот участок дна в той или иной степени может использоваться треской для размножения.

Анализ зимнего распространения трески по данным донных траловых съемок, вне зависимости от возраста рыб, максимально затруднен вследствие того, что в холодный период года ее скопления наиболее агрегированы и компактны и распределяются на максимальных глубинах, что даже при детальной сетке станций снижает вероятность их полного охвата. Тем не менее полученные результаты свидетельствуют о том, что в феврале-марте основные концентрации годовиков действительно располагались на участках, близких к районам воспроизводства (рис. 3).

В Приморье эти локации отмечены к востоку от зал. Петра Великого, от 132°10' до 134°00' в.д., и у материкового побережья Татарского пролива в координатах 47°00' с.ш. 139°25' в.д. У западного Сахалина аналогичный участок располагался на свале глубин в восточной оконечности глубоководного каньона, подходящего близко к береговой линии, в координатах 47°20' с.ш. 141°25' в.д. Как уже отмечалось выше, для холодного периода года характерны наибольшие глубины, на которых концентрации особей максимальны. Для годовиков, согласно нашим оценкам, эта величина составляла около 240 м в феврале и около 420 м в марте (рис. 4).

Как можно видеть на рис. 3 (В), в апреле картина пространственного и батиметрического распределения годовиков резко изменялась. Это выражалось в значительном латеральном распространении скоплений, снижении их агрегированности и выраженной тенденцией к вертикальному смещению основной массы рыб от верхней кромки материкового склона на шельф. Средневзвешенная глубина максимальных концентраций годовиков (см. рис. 4) уменьшалась примерно до 200 м в апреле и до 60 м в мае.

Очевидно, этот период может быть ассоциирован с началом и развитием нагульных миграций трески. Скопления годовиков распространялись в широком диапазоне: от акватории южнее и юго-восточнее зал. Петра Великого и далее в северо-восточном направлении к Татарскому проливу вплоть до мыса Золотого. При этом отдельные особи встречались в траловых уловах и у материкового побережья, примерно до 48°30′ с.ш.

У западного Сахалина основные концентрации годовиков в апреле-мае обнаруживались у самой юго-западной оконечности острова, примерно от 45°50′ до 46°35′ с.ш. Такой характер распределения может свидетельствовать о том, что их часть в зимний период обитает у северо-западной оконечности о. Хоккайдо и смещается из этого района на нагул на шельф у юго-западного побережья о. Сахалин.

Описанные выше особенности распределения годовиков приморской популяции в период с декабря по май позволяют предполагать следующий характер их нагульных миграций. По окончании периода зимовки, в конце марта, вначале начинаются вертикальные перемещения со склона на шельф, а затем постепенно рыбы распределяются в горизонтальном направлении. При этом часть рыб с материкового шельфа Приморья, примерно от 136–137° с.ш., начинает смещаться к юго-западу, к зал. Петра Великого, а другая — на шельф северного Приморья и в северную часть Татарского пролива.

В подтверждение данного предположения можно привести диаграмму, характеризующую отклонения от среднего улова годовиков на стандартное траление в ходе проведения донных траловых съемок (в процентах), для каждого из пяти выделенных для анализа районов (рис. 5). На всех участках шельфа северной части Японского моря максимальные уловы годовиков наблюдались с июня по сентябрь, за исключением части подзоны Приморье, включающей акваторию к востоку от зал. Петра Великого до Распределение тихоокеанской трески Gadus macrocephalus (Gadidae)...





Рис. 4. Изменение средневзвешенной глубины распределения скоплений тихоокеанской трески в северной части Японского моря в течение года по данным донных траловых съемок

Fig. 4. Seasonal changes in the depth of pacific cod accumulations in the northern Japan Sea by the bottom trawl surveys data

мыса Золотого, где этот показатель был наибольшим в период с апреля по май (рис. 5, Б). А затем уловы годовиков в этом районе снижались, и их концентрация в нагульный сезон была невелика.

С декабря по март на участке дна у побережья о. Сахалин в период осуществления траловых съемок годовики тихоокеанской трески не облавливались (рис. 5, Г). Их присутствие в уловах намечалось в апреле-мае, а максимум приходился на летний сезон. Поэтому можно также предположить, что часть годовиков от мест зимовки со свала глубин в восточной оконечности каньона у побережья западного Сахалина может смещаться на нагул в северную часть Татарского пролива как с островной, так и с материковой стороны.

Период с июня по сентябрь для годовиков трески является сезоном откорма. Их скопления в северной части Японского моря в эти месяцы компактно локализованы, что позволяет выделить два основных района их нагула. Первый включает в себя акваторию зал. Петра Великого и шельфовую зону к югу и юго-западу от него (см. рис. 3, Г). Это подтверждает мнение А.Б. Савина и П.В. Калчугина [2011] о том, что данная акватория является основным районом летнего обитания годовиков приморской популяции трески.

Вторым районом, где нагуливаются годовики западносахалинской популяции, является так называемое «ильинское мелководье», участок, включающий в себя шельфовую зону зал. Невевельского и далее вдоль юго-западного побережья о. Сахалин вплоть до мыса Крильон. Учитывая, что донные траловые исследования охватывали лишь российские воды, можно ожидать, что нагульные скопления годовиков распространялись и южнее, по направлению к северо-западной оконечности о. Хоккайдо.

Менее значимым районом нагула годовиков, судя по незначительным концентрациям, является, по всей видимости, северная, самая мелководная, часть Татарского пролива (рис. 3, Г, 5, В, Г). На этот участок могут мигрировать особи как от материкового побережья пролива, так и с западносахалинского шельфа. Плотность таких скоплений была невелика, и распространялись они мозаично.

В октябре-ноябре, с началом охлаждения прибрежных вод, наблюдается постепенный отток годовиков с наиболее мелководных участков по направлению к районам зимовки (рис. 3, Д). Глубины, где их концентрации максимальны, постепенно увеличиваются от 76 м в сентябре до 87 м в октябре и 113 м в ноябре (см. рис. 4).



В пространственном распределении явно намечалось два миграционных потока из северной части Татарского пролива (см. рис. 3). Один — в юго-западном направлении к материковому побережью пролива, второй — в южном, на шельф о. Сахалин (см. рис. 3, Д). Обширное скопление годовиков у юго-западной оконечности постепенно разделялось, и часть годовиков начинала смещаться к близлежащим районам зимовки, а вторая, по-видимому, откочевывала на зимовку по направлению к свалу глубин у северо-западной оконечности о. Хоккайдо. Наконец, из зал. Петра Великого основной поток годовиков начинал мигрировать в восточном, северо-восточном направлении к шельфу и склону материковой части Татарского пролива.

Отмеченные процессы продолжались в ноябре и завершались в декабре-январе в районах зимовки (рис. 3, А), когда характер распределения во многом напоминал рассмотренный выше для периода с февраля по март, с той лишь разницей, что батиметрический диапазон обитания годовиков в эти месяцы несколько меньше и их основные концентрации в декабре приурочены к глубинам около 160 м, а в январе — 285 м (см. рис. 4).

Распределение 2–3-годовиков. Описанная выше схема сезонного распределения и миграций для годовиков характерна и для остальных возрастных групп трески, хотя и в несколько трансформированном виде, с учетом физиологических изменений, происходящих по мере роста и созревания рыб.

В уловах 2–3-годовики составляют одну из наиболее многочисленных групп, поэтому анализировать особенности их пространственного распределения несколько проще. Данная часть группировки представляет собой ближайшее пополнение промыслового и нерестового запаса (рекруты), поскольку к окончанию третьего года жизни около 44 % рыб достигают промысловой длины и почти 49 % становятся половозрелыми [Вдовин, 2019]. По мере роста и созревания пищевые потребности трески увеличиваются, что потенциально должно отражаться в увеличении продолжительности нагульного периода. Однако такой важный этап в жизненном цикле рыб, как нерест, у 2–3-годовиков еще отсутствует.

Основные участки концентрации рекрутов в северной части Японского моря в феврале-марте в целом совпадают с таковыми для годовиков (рис. 6, Б). Распределение мозаичное, и в Приморье скопления трески распространяются на обширном участке от акватории южнее зал. Петра Великого примерно до 47° с.ш. в северной части Татарского пролива, а у западного Сахалина — на свале глубин, прилегающих к ильинскому мелководью. Глубины, на которых плотность скоплений рыб максимальна, в этот период составляют около 350 м (см. рис. 4).

В апреле начинаются миграции рыб в шельфовую зону для откорма. Однако по сравнению с годовиками у 2–3-годовиков этот процесс более растянут (см. рис. 6, В).

Если первые уже к концу мая смещаются на минимальные глубины и остаются в этом батиметрическом диапазоне до начала осени, то для рекрутов средневзвешенные глубины, на которых фиксировались скопления, в апреле составляли около 270 м, в мае — 170 м, и лишь к июню это показатель приближался к минимальным значениям на уровне 80 м. Таким образом, процесс весенних миграций у рекрутов к местам нагула занимает примерно на месяц больше времени, чем у годовиков.

Что касается направления миграционных потоков и локализации основных районов распределения 2–3-годовиков в период откорма, то они идентичны таковым для годовиков (рис. 6, Γ). От мест зимовки у материкового побережья Приморья одна часть трески смещается к юго-западу, к зал. Петра Великого, а другая — к северо-востоку, в северную, относительно мелководную часть Татарского пролива. Рекруты западносахалинской популяции нагуливаются на островном шельфе Татарского пролива, причем их скопления распределяются практически повсеместно от мыса Крильон на юге до 50° с.ш. на севере.

В октябре-ноябре начинаются обратные перемещения 2–3-годовиков к местам зимовки (рис. 6, Д). И по сравнению с годовиками можно выделить два отличительных

Распределение тихоокеанской трески Gadus macrocephalus (Gadidae)...



момента. Во-первых, такие миграции проходят на существенно больших глубинах. Если в сентябре основные скопления рекрутов приурочены к участкам дна около 95 м, то в октябре этот показатель возрастает до 170 м, а в ноябре — до 240 м. Годовики, для сравнения, концентрируются в ноябре в придонных горизонтах на глубинах около 115 м.

Во-вторых, основные пространственные направления миграций 2–3-годовиков в эти месяцы следующие: из северной части Татарского пролива поток разбивается надвое, и часть трески, относящейся, видимо, к приморской популяции, смещается к юго-западу к материковой части пролива, оставшиеся особи, вероятно, представляющие западносахалинскую группировку, мигрируют к свалу глубин у юго-западного побережья о. Сахалин. При этом значительно возрастает агрегированность скоплений трески. Как можно видеть, в трех из пяти анализируемых районов величины уловов на стандартное траление достигают максимальных значений за год (см. рис. 5).

К декабрю основная масса 2–3-годовиков достигает районов зимовки, где и остается вплоть до начала нового цикла весенних миграций в апреле (см. рис. 6, А).

Распределение 4–7-годовиков. Следующая возрастная группа, особи возрастом от 4 до 7 полных лет, составляет основу промыслового и нерестового запасов в обеих популяциях трески северной части Японского моря. В годовом цикле рыб добавляется период размножения.

Как уже отмечалось выше, нерест тихоокеанской трески в этой части ареала происходит с февраля по март. Сроки массового нереста в зависимости от гидрологических условий в конкретном году могут варьировать, но сам период размножения скоротечен, а коэффициенты зрелости самцов и самок по данным предыдущих исследований [Куличенко, 1954; Элькина, 1963] максимальны в феврале и минимальны в марте. Поэтому можно считать, что массовый нерест трески приморской и западносахалинской популяций в марте завершается, и рыбы начинают мигрировать на откорм.

Характер пространственного распределения 4–7-годовиков в феврале-марте мало отличается от такового для возрастных групп, рассмотренных ранее (рис. 7, Б). Для приморской популяции ее отдельные скопления распространялись от зал. Петра Великого в северо-восточном направлении примерно до 138° в.д. Для западносахалинской популяции основным районом формирования преднерестовых и нерестовых скоплений оставался свал глубин у юго-западного побережья о. Сахалин.

Привлекает внимание тот факт, что средневзвешенные глубины, на которых концентрации половозрелых рыб были повышенными, оказались меньше, чем для годовиков и рекрутов (см. рис. 4), и в феврале оценивались на уровне 150 м, а в марте — на уровне 320 м. Возможно, это связано с приуроченностью скоплений к участкам дна с определенным температурным режимом.

В апреле-мае в ходе донных траловых съемок взрослые особи трески облавливались практически повсеместно (см. рис. 7, В). По-прежнему довольно отчетливо проявляются три основных направления нагульных миграций. От районов размножения у материкового побережья в Приморском крае отнерестившиеся особи смещаются на юго-запад к зал. Петра Великого и на северо-восток, на мелководный участок шельфа в северной части Татарского пролива. Сюда же смещается основная часть рыб западносахалинской популяции от юго-западного побережья о. Сахалин, отдельные особи которой проникали севернее 50° с.ш., что соответствует данным, опубликованным ранее [Элькина, 1963].

Так же как и для рекрутов, и в отличие от годовиков, батиметрические перемещения со свала глубин на шельф у 4–7-годовиков происходили заметно медленнее и постепенно (см. рис. 4), и по существу миграции на нагул завершались не в мае, а в июне. Так, в апреле средневзвешенная глубина формирования их скоплений оценивалась на уровне 300 м, в мае — 230, а в июне — 140 м. Вероятно, такой характер миграций обусловлен трофическим фактором, а именно — постепенным смещением за массовыми пищевыми объектами, к которым в северной части Японского моря прежде всего относятся минтай, сельдь и кальмары [Куличенко, 1954; Элькина, 1963]. Поэтому Распределение тихоокеанской трески Gadus macrocephalus (Gadidae)...

Рис. 7. Распределение 4–7-годовиков тихоокеанской трески в северной части Японского моря, % от максимального значения Fig. 7. Spatial distribution of the 4–7-years age group, of pacific cod in the northern Japan Sea, %



для трески приморской популяции вероятным объектом питания может служить, например, минтай, мигрирующий в апреле-мае для размножения в зал. Петра Великого [Буслов и др., 2022].

В летний период (см. рис. 7, Г) явно выделяются два района нагула 4–7-годовиков. Один — в зал. Петра Великого и на прилегающем с юга участке шельфа, где концентрируются особи приморской популяции. Второй, протянувшийся в виде большой «подковы» (47°00' с.ш), — у материкового шельфа Татарского пролива, через его северную, самую мелководную часть и далее, вдоль западного побережья о. Сахалин, вплоть до мыса Крильон.

При этом на участке севернее 48° с.ш. могут одновременно нагуливаться особи обеих популяций. Глубины формирования скоплений наибольшей плотности варьируют в пределах 80–160 м, что заметно больше, чем для годовиков и рекрутов (см. рис. 4).

В октябре-ноябре, так же как и у возрастных групп, рассмотренных ранее, начинаются обратные перемещения рыб к местам зимовки. Особи приморской популяции из северной части Татарского пролива и из зал. Петра Великого смещаются к свалу глубин у материкового побережья (рис. 7, Д), а треска, относящаяся к западносахалинской группировке, постепенно концентрируется у свала глубин в юго-западной оконечности о. Сахалин и у о. Монерон. Глубины формирования скоплений в этот период увеличиваются с 80 м в сентябре до 180 м в октябре и до 230 м в ноябре.

В декабре-январе основные концентрации трески (рис.7, A) отмечаются на традиционных участках, которые впоследствии, в феврале-марте, будут использоваться для нереста.

Распределение 8–12-годовиков. Последняя рассматриваемая возрастная группа объединяет наиболее взрослых рыб. Это крупные половозрелые особи, суммарный вклад которых в общую численность по данным съемок редко превышает 5–7 %.

Особенности пространственного распределения 8–12-годовиков как приморской, так и западносахалинской популяций мало отличаются от распределения 4–7-годовиков, поэтому здесь отдельно не рассматриваются. Необходимо лишь отметить ряд отличительных деталей.

Взрослые особи трески данной возрастной группы во время нагульных миграций и непосредственно в период летнего откорма дальше всех проникают на мелководный шельф Татарского пролива, распространяясь в северном направлении примерно до 51°20′ с.ш. (рис. 8). Причем участок пролива со стороны о. Сахалин используется треской только для нагула, поскольку ее зимовальные и нерестовые концентрации здесь не формируются, о чем свидетельствуют нулевые значения уловов на стандартное траление для 4–7- и 8–12-годовиков в этом районе в период с декабря по март (см. рис. 5, Г, 8, Г).

Сезон обратных миграций с октября по ноябрь характеризуется наибольшими значениями уловов на стандартное траление в четырех из пяти выделенных для анализа районов, что, видимо, свидетельствует о постепенной концентрации трески в крупные предзимовальные скопления (рис. 5, Б–Д). В зал. Петра Великого этот период сдвигается на декабрь-январь (рис. 5, А).

В среднем в период летнего нагула (см. рис. 4), с июня по сентябрь, 8–12-годовики держатся глубже остальных возрастных групп трески, а в ноябре-декабре, напротив, образуют скопления почти на тех же глубинах, что и годовики.

Функциональная структура ареала. Коротко резюмируя итоги анализа распределения и сезонных миграций трески в северной части Японского моря, следует отметить, что на большом объеме материала удалось подтвердить ряд результатов, опубликованных предыдущими исследователями [Моисеев, 1953; Элькина, 1963; Ким, 1998; Савин, Калчугин, 2011; Савин, 2016]. В частности то, что основными районами формирования зимовальных и преднерестовых скоплений являются участки на внешнем шельфе и в верхней части материкового склона от зал. Петра Великого приблизительно до 47°00' с.ш. в северном Приморье и у западного Сахалина — от мыса Крильон на север примерно до 47°30' с.ш., включая акваторию, прилегающую к о. Монерон.

Распределение тихоокеанской трески Gadus macrocephalus (Gadidae)...

8–12-years age group , of pacific cod in the northern Japan Sea, % of the maximum catch Fig. 8. Spatial distribution of the % от максимального значения Рис. 8. Распределение 8-12-годовиков тихоокеанской трески в северной части Японского моря, 1-5 m % Апрель - Май ュ 138 Октябрь - Ноябрь 134 ഥ 130 Февраль -138 Июнь - Сентябрі 134 ∢ 130 Декабрь - Ян

101

48

50

52

46

Одним из направлений нагульных миграций трески приморской популяции в весенний период от мест зимовки действительно является северная часть Татарского пролива. Залив Петра Великого остается основным районом нагула годовиков трески приморской популяции в летне-осенний период.

Однако имеется и ряд уточнений. Так, основным районом нагула годовиков западносахалинской популяции является участок, включающий в себя шельфовую зону зал. Невевельского и далее вдоль юго-западного побережья о. Сахалин вплоть до мыса Крильон. Судя по характеру распределения, можно предполагать, что нагульные скопления годовиков распространялись и южнее, по направлению к северо-западной оконечности о. Хоккайдо и, возможно, восточнее — в зал. Анива.

Кроме того, имеется и второстепенный участок нагула годовиков трески, расположенный в северной мелководной части Татарского пролива, простирающийся примерно до 49° с.ш.

Нагульные миграции годовиков в северной части Японского моря продолжаются с апреля по май, а у остальных возрастных групп миграционные процессы завершаются примерно на месяц позже. При этом в летний период отчетливо проявляется следующая тенденция: чем старше особи, тем более глубоких участков дна они придерживаются.

У трески приморской популяции, судя по полученным результатам, выделяются два направления нагульных миграций от мест воспроизводства и зимовки у материкового побережья и, соответственно, два района нагула: шельфовая зона зал. Петра Великого и общирный, относительно мелководный участок в северной части Татарского пролива севернее 48° с.ш. Причем последний участок является вероятным районом образования смешанных скоплений и совместного откорма особей обеих популяций.

Период обратных (зимовальных) миграций трески в северной части Японского моря — с октября по ноябрь. В декабре-январе большая часть трески концентрируется в районах зимовки и последующего нереста. Вероятная схема распределения трески в ходе годового цикла представлена на рис. 9.

Интересно рассмотреть, каким образом сезонные миграционные процессы отражаются на возрастном составе уловов трески, отмечаемом в ходе донных траловых съемок (рис. 10). В декабре-январе практически во всех районах основу уловов составляют крупные половозрелые рыбы возрастом от 4 до 7 полных лет. А в период нагульных миграций в апреле-мае и в сезон нагула в уловах в зал. Петра Великого (рис. 10, А) и у юго-западного Сахалина (рис. 10, Д), т.е. в районах, близких к участкам воспроизводства, резко увеличивается доля годовиков и рекрутов.

В северной части Татарского пролива со стороны о. Сахалин (рис. 10, Г) зимовальные и нерестовые скопления не формируются, и этот район используется только для нагула, что подтверждается отсутствием данных по возрастному составу уловов в период с декабря по март.

Влияние особенностей распределения трески на оценку запасов и результативность промысла. В заключительной части работы обсудим ряд вопросов, связанных с оценкой промысловых ресурсов трески и регулированием ее промысла в северной части Японского моря, возникающих в связи с особенностями ее сезонных миграций и распределения. Напомним, что согласно действующим нормативным документам акватория этой части моря разделена на две рыбопромысловые подзоны — Приморье (61.06.1) и Западно-Сахалинскую (61.06.2). На схеме района исследования (рис. 1) первая объединяет условно выделяемые районы 1, 2 и 3, а вторая — 4 и 5.

На протяжении длительного периода, вплоть до 2022 г., оценка биомассы трески приморской популяции осуществлялась на основе данных донных траловых съемок. Эта методика традиционна [Борец, 1997] и достаточно успешно используется для решения целого ряда прикладных задач отраслевой рыбохозяйственной науки, в том числе в целях прогнозирования состояния запасов и оценки ОДУ различных видов ВБР дальневосточных морей.



Рис. 9. Схема распределения тихоокеанской трески в северной части Японского моря в ходе годового цикла: *1* — районы формирования зимовальных, преднерестовых и нерестовых скоплений; *2* — основные районы нагула особей приморской популяции; *3* — основные районы нагула особей западносахалинской популяции; *4* — район образования смешанных нагульных скоплений в летне-осенний период; *5* — основные направления нагульных миграций (направление зимовальных миграций обратно нагульным); *6* — предполагаемые направления нагульных миграций

Fig. 9. Scheme of the pacific cod distribution in the northern Japan Sea during the annual cycle: 1 -areas of wintering, pre-spawning and spawning aggregations; 2 - the main feeding grounds for the stock of Primorye coast; 3 - the main feeding grounds for the stock of West Sakhalin coast; 4 - the area of mixed feeding aggregations in summer-autumn; 5 - the main directions of feeding migrations and wintering migrations (wintering migrations are directed opposite to feeding ones); 6 - expected directions of feeding migrations

Как и любой метод, оценка численности и биомассы по данным донных траловых съемок имеет целый ряд источников неопределенности, связанных с организацией сбора материала, техническими параметрами используемых судов и орудий лова, способов обработки полученных данных и т.п., в том числе и с особенностями биологии объектов, запасы которых оцениваются [Золотов, 2009]. Последний аспект рассмотрим применительно к треске приморской популяции.

На рис. 11 представлен среднемноголетний долевой вклад трех районов подзоны Приморье в оценку общей биомассы тихоокеанской трески. Как можно видеть, лишь около 11,2 % от этой величины приходилось на зал. Петра Великого, еще 19,0 % — на участок шельфа и материкового склона от зал. Петра Великого до мыса Золотого, а основная часть — 69,8 % — учитывалась в районе, расположенном севернее мыса Золотого.





Рис. 11. Среднемноголетний вклад районов подзоны Приморье в общую учтенную биомассу трески по данным донных траловых съемок: *1* — зал. Петра Великого; *2* — подзона Приморье «Центр»; *3* — подзона Приморье «Север» (см. рис. 1)

Fig. 11. Average long-term contribution of the Primorye subzone areas to the total biomass of pacific cod counted by bottom trawl surveys: *1* — Peter the Great Bay; *2* — central part; *3* — northern part (see the areas arrangement at Fig. 1)

Как было показано ранее, участок в северной части Татарского пролива севернее 48° с.ш., с большой долей вероятности, является районом образования смешанных скоплений и совместного откорма особей приморской и западносахалинской популяций. Учитывая, что в многолетнем аспекте в северной части Японского моря соотношение общей биомассы трески этих двух группировок по данным донных траловых съемок оценивается нами как 1 : 2 (рис. 12), можно предполагать, что доля особей западносахалинской популяции в смешанных скоплениях заметно выше. Поэтому можно ожидать, что расчетные оценки биомассы трески подзоны Приморье, которые в дальнейшем использовались для определения ОДУ, могли систематически завышаться, а для Западно-Сахалинской — занижаться.



Рис. 12. Многолетняя динамика общей биомассы тихоокеанской трески северной части Японского моря по данным донных траловых съемок: *1* — Западно-Сахалинская подзона; *2* — подзона Приморье. Указаны среднемноголетние оценки биомассы по районам

Fig. 12. Dynamics of total biomass of pacific cod in the northern Japan Sea assessed by bottom trawl surveys: *1* — West Sakhalin subzone; *2* — Primorye subzone. Mean values are shown

Однако исторические условия формирования рыбной промышленности в Приморском крае были таковы, что основная часть перерабатывающих предприятий

сосредоточена в прибрежной зоне, преимущественно прилегающей к акватории зал. Петра Великого. Ярусный лов в подзоне Приморье не развит, а подавляющее большинство судов, осуществляющих снюрреводный и траловый промысел, не оборудованы мощностями для автономной переработки улова, что фактически «привязывает» добывающий флот к районам береговой переработки. Именно поэтому основные районы современного снюрреводного и тралового промысла трески в подзоне Приморье приурочены к акватории залива и участку шельфа в северо-восточном направлении от него примерно до 45° с.ш. (рис. 13).



Исходя из сезонной динамики промысла трески можно заключить, что наиболее результативный ее лов протекает в период с октября по март, т.е. от начала зимовальных миграций до окончания нереста. Поэтому можно сделать вывод, что район летне-осеннего нагула трески приморской популяции на участке севернее мыса Золотого, в котором в многолетнем аспекте учитывалось более двух третьих от ее общего запаса, промыслом совершенно не используется.

Рис. 13. Распределение промысловых уловов трески подзоны Приморье в 2011–2020 гг. по данным судовых суточных донесений (% от максимальных значений): **А** — снюрреводы; **Б** — донные тралы; **В** — разноглубинные тралы. Обозначения районов см. на рис. 1

Fig. 13. Spatial distribution for commercial catches of pacific cod in the Primorye fishing subzone in 2011–2020 by daily reports (% of the maximum catches), by fishing gears: A — Danish seine; B — bottom trawl; B midwater trawl. See the areas arrangement at Fig. 1

По всей видимости, комбинация этих двух факторов: завышенных оценок биомассы трески по данным донных траловых съемок за счет захвата участка совместного нагула особей двух популяций и приуроченность промыслового флота к району, где в многолетнем аспекте распределяется не более трети от биомассы, и являлась основной причиной систематического недоосвоения допустимых объемов изъятия трески в подзоне Приморье. Например, в среднем, в 2011–2022 гг. ОДУ этого объекта осваивался на уровне 21 %. Представляется, что в современных условиях резкая интенсификация вылова трески в северной части подзоны Приморье в летне-осенний сезон маловероятна. Поэтому оперативная оптимизация подходов к регулированию промысла данного объекта возможна лишь через повышение точности оценки промыслового запаса приморской популяции. Видимым решением является использование общепринятых методов математического моделирования — продукционных или когортных [Бабаян и др., 2018].

Это тем более логично: в настоящее время районы промысла и образования смешанных скоплений географически разобщены, что исключает из расчетов источник дополнительной неопределенности за счет возможного прилова особей трески западносахалинской популяции. Поэтому использование промысловой статистики и материалов о возрастном составе уловов для когортных расчетов или данных об уловах на усилие — для продукционных позволит получить оценки биомассы реально эксплуатируемой части запаса трески, что неизбежно должно привести к повышению точности определения ОДУ.

Обоснование конкретной методики модельных расчетов, наиболее приемлемой для оценки промысловых ресурсов трески подзоны Приморье на современном этапе, выходит за рамки настоящее работы и задает направление дальнейших исследований. Оценки же биомассы трески по данным траловых съемок по-прежнему могут использоваться в качестве независимого источника информации о состоянии запасов с учетом результатов анализа, представленных в настоящем исследовании.

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что основными районами формирования зимовальных и преднерестовых скоплений являются участки на внешнем шельфе и в верхней части материкового склона от зал. Петра Великого приблизительно до 47°00′ с.ш. в северном Приморье и у западного Сахалина — от мыса Крильон на север примерно до 47°30′ с.ш., включая акваторию, прилегающую к о. Монерон. Сроки зимовки — с декабря по январь, размножение протекает в феврале-марте.

Нагульные миграции годовиков в северной части Японского моря продолжаются с апреля по май, а у остальных возрастных групп миграционные процессы завершаются примерно на месяц позже. Выделяются три основных направления нагульных миграций. От районов размножения и зимовки у материкового побережья в Приморском крае особи смещаются на юго-запад к зал. Петра Великого и на северо-восток, на мелководный участок шельфа в северной части Татарского пролива. В этом же направлении перемещается часть рыб западносахалинской популяции от юго-западного побережья о. Сахалин.

Период летнего откорма трески в северной части Японского моря продолжается с июня по сентябрь. Основным районом нагула годовиков западносахалинской популяции является участок, включающий в себя шельфовую зону зал. Невельского и далее вдоль юго-западного побережья о. Сахалин вплоть до мыса Крильон. Годовики трески приморской популяции в летне-осенний период в основном распределяются в зал. Петра Великого. Кроме того, имеется второстепенный участок нагула, локализующийся в северной мелководной части Татарского пролива со стороны материкового побережья, примерно до 49° с.ш.

У остальных возрастных групп выделяются два района нагула. Один — в зал. Петра Великого и на прилегающем с юга участке шельфа, где концентрируются особи приморской популяции. Второй протянулся в виде большой «подковы» от 47° с.ш. у материкового шельфа Татарского пролива, через его северную, самую мелководную часть и далее вдоль западного побережья о. Сахалин вплоть до мыса Крильон. При этом на участке севернее 48° с.ш. могут одновременно нагуливаться особи обеих популяции.

Взрослые особи трески возрастом 8–12 лет во время нагульных миграций и непосредственно в период летнего откорма дальше всех проникают на мелководный шельф Татарского пролива, распространяясь в северном направлении примерно до 51°20′ с.ш. При этом участок пролива со стороны о. Сахалин используется треской только для нагула, поскольку ее зимовальные и нерестовые концентрации здесь не формируются.

В летний период отчетливо проявляется следующая тенденция: чем старше особи, тем более глубоких участков дна они придерживаются.

Период обратных (зимовальных) миграций трески в северной части Японского моря — с октября по ноябрь. В декабре-январе бо́льшая часть трески концентрируется в районах зимовки и последующего нереста.

Предполагается, что из-за наличия участка совместного нагула приморской и западносахалинской популяций в летний период расчетные величины биомассы трески подзоны Приморье, использовавшиеся для оценки ОДУ, могли систематически завышаться, а для Западно-Сахалинской — занижаться.

Принимая во внимание особенности организации современного промысла трески в подзоне Приморье, при котором районы ее лова и образования смешанных нагульных скоплений в летний период географически разобщены, оптимальным для повышения качества прогнозирования состояния ее ресурсов и оценки ОДУ является переход на модельные когортные или продукционные методы расчетов. Результаты донных траловых съемок по-прежнему могут использоваться в качестве независимого источника информации о состоянии запасов трески, с учетом выявленных особенностей ее сезонного распределения и миграций.

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Автор выражает искреннюю благодарность сотрудникам Тихоокеанского филиала ВНИРО И.И. Глебову и И.В. Мальцеву за организацию тотального сбора материалов для определения возраста тихоокеанской трески в период донных траловых съемок на НИС «Владимир Сафонов» и «Дмитрий Песков» в 2022 г. Без этих данных настоящее исследование не могло бы состояться.

The author is sincerely grateful to I.I. Glebov and I.V. Maltsev (Pacific branch of VNIRO (TINRO)) for conducting a total collection of materials to determine the age of pacific cod during the bottom trawling survey aboard RV Vladimir Safonov and RV Dmitry Peskov in 2022 — the study would not able without these data.

Финансирование работы (FUNDING)

Исследование не имело спонсорской поддержки. The study was not sponsored.

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы ухода и использования животных были соблюдены. Автор заявляет, что у него нет конфликта интересов.

All applicable international, national and/or institutional guidelines for care and use of animals were implemented. The author declares that he has no conflict of interest.

Список литературы

Атлас количественного распределения нектона в северо-западной части Японского моря / под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. — М. : Нац. рыб. ресурсы, 2004. — 988 с.

Бабаян В.К., Бобырев А.Е., Булгакова Т.И. и др. Методические рекомендации по оценке запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов. — М. : ВНИРО, 2018. — 312 с.

Бизиков В.А., Гончаров С.М., Поляков А.В. Географическая информационная система «Картмастер» // Рыб. хоз-во. — 2007. — № 1. — С. 96–99.

Борец Л.А. Донные ихтиоцены российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 1997. — 217 с.

Буслов А.В. Определение возраста тресковых (Gadidae) дальневосточных морей: теоретические положения и методические подходы (обзор) // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2009. — Вып. 14. — С. 32–46.

Буслов А.В., Байталюк А.А., Овсянников Е.Е., Смирнов А.В. Воспроизводство, ресурсы и промысел минтая в заливе Петра Великого в современный период // Тр. ВНИРО. — 2022. — Т. 189. — С. 145–161. DOI: 10.36038/2307-3497-2022-189-145-161.

Вдовин А.Н. Половое созревание и соотношение полов у тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* (Gadidae) в водах Приморья (Японское море) // Вопр. ихтиол. — 2019. — Т. 59, № 6. — С. 737–740. DOI: 10.1134/S0042875219060183.

Вершинин В.Г. Биология и промысел трески северо-западной части Тихого океана : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1984. — 21 с.

Винников А.В. Тихоокеанская треска западной Камчатки: биология, динамика численности, промысел : автореф. дис. ...канд. биол. наук. — Владивосток : ИБМ ДВО РАН, 2008. — 23 с.

Золотов А.О. Использование траловых съемок для оценки численности камбал Карагинского и Олюторского заливов: методика и результаты // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2009. — Вып. 13. — С. 51–58.

Золотов А.О. Оценка запасов тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* (Tilesius, 1810) восточного побережья Камчатки // Вопр. рыб-ва. — 2010. — Т. 10, № 1(41). — С. 112–124.

Золотов А.О. Распределение и сезонные миграции камбал Карагинского и Олюторского заливов // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2011. — Вып. 21. — С. 73–100.

Золотов А.О. Современный специализированный промысел морских рыб в западной части Берингова моря // Изв. ТИНРО. — 2021. — Т. 201, вып. 1. — С. 76–101. DOI: 10.26428/1606-9919-2021-201-76-101.

Золотов А.О., Антонов Н.П., Мазникова О.А. Ресурсы трески Курильских островов: запасы и современный промысел // Рыб. хоз-во. — 2020. — № 4. — С. 44–51. DOI: 10.37663/0131-6184-2020-4-44-51.

Золотов А.О., Глубоков А.И., Варкентин А.И. Разработка подходов к регулированию промысла камбал Западно-Беринговоморской зоны // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2023. — Вып. 68. — С. 70–89. DOI: 10.15853/2072-8212.2023.68.70-89.

Золотов А.О., Дубинина А.Ю. Многолетняя динамика запасов и современный промысел камбал Южных Курильских островов // Водные биологические ресурсы России: состояние, мониторинг, управление : сб. мат-лов Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 85-летию Камчат. науч.-исслед. ин-та рыб. хоз-ва и океаногр. — Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2017. — С. 62–73.

Золотов А.О., Дубинина А.Ю., Мельник Д.Я. Распределение и сезонные миграции северной двухлинейной камбалы *Lepidopsetta polyxystra* Orr et Matarese (2000) на тихоокеанском шельфе Камчатки и Северных Курил // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2012. — Вып. 26. — С. 53–68.

Золотов А.О., Мазникова О.А., Дубинина А.Ю. Многолетняя динамика запасов черного палтуса *Reinhardtius hippoglossoides matsuurae* в Беринговом море и тихоокеанских водах Камчатки и Курильских островов // Изв. ТИНРО. — 2018. — Т. 195. — С. 28–47. DOI: 10.26428/1606-9919-2018-195-28-47.

Золотов А.О., Смирнов А.В., Баранчук-Червоный Л.Н., Дубинина А.Ю. Многолетняя динамика и современное состояние запасов желтоперой камбалы *Limanda aspera* в водах о. Сахалин // Изв. ТИНРО. — 2014. — Т. 178. — С. 25–57. DOI: 10.26428/1606-9919-2014-178-25-57.

Калчугин П.В., Зуенко Ю.И., Нуждин В.А. Об особенностях распределения молоди трески *Gadus macrocephalus* (Gadidae) в заливе Петра Великого // Вопр. ихтиол. — 2004. — Т. 44, вып. 6. — С. 805–810.

Ким Сен Ток. Особенности биологии и численность тихоокеанской трески в водах западного побережья Сахалина и южных Курильских островов // Изв. ТИНРО. — 1998. — Т. 124. — С. 212–235.

Куличенко Н.И. Треска западного побережья Сахалина // Изв ТИНРО. — 1954. — Т. 41. — С. 277–293.

Моисеев П.А. Треска и камбалы дальневосточных морей : Изв. ТИНРО. — 1953. — Т. 40. — 288 с.

Полтев Ю.Н. Особенности биологии трески *Gadus macrocephalus* тихоокеанских вод северных Курильских островов и южной части Камчатки : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2003. — 22 с.

Савин А.Б. Запасы и промысел трески (*Gadus macrocephalus*, Gadidae) северо-западной части Берингова моря в 1965–2022 гг. // Изв ТИНРО. — 2023. — Т. 203, вып. 3. — С. 465–489. DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-465-489.

Савин А.Б. Нерестилища тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* в северо-западной части Тихого океана // Изв. ТИНРО. — 2016. — Т. 187. — С. 48–71. DOI: 10.26428/1606-9919-2016-187-48-71.

Савин А.Б., Калчугин П.В. Сезонное распределение и миграции тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* (Gadidae) в северо-западной части Японского моря и прилегающих акваториях // Вопр. ихтиол. — 2011. — Т. 51, вып. 3. — С. 326–340.

Смирнова М.А., Орлова С.Ю., Калчугин П.В. и др. Особенности популяционной структуры тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* южной части ареала на основе микросателлитного анализа // Генетика. — 2018. — Т. 54, № 6. — С. 661–670. DOI: 10.7868/S0016675818060073.

Терентьев Д.А., Винников А.В., Золотов А.О., Сергеева Н.П. Промысел и многолетняя динамика запасов тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* в прикамчатских водах // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2010. — Вып. 16. — С. 107–116.

Чугунова Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб (методическое пособие по ихтиологии). — М. : АН СССР, 1959. — 164 с.

Элькина Б.Н. Материалы по биологии трески из восточной части Татарского пролива // Изв. ТИНРО. — 1963. — Т. 49. — С. 95–114.

References

Atlas kolichestvennogo raspredeleniya nektona v severo-zapadnoi chasti Yaponskogo morya (Atlas of Nekton Species Quantitative Distribution in the North-Western Part of the Japan Sea), Shuntov, V.P. and Bocharov, L.N., Eds., Moscow: Natsionalnye Rybnye Resursy, 2004.

Babayan, V.K., Bobyrev, A.E., Bulgakova, T.I., Vasiliev, D.A., Ilyin, O.I., Kovalev, Yu.A., Mikhailov, A.I., Mikheev, A.A., Petukhova, N.G., Safaraliev, I.A., Chetyrkin, A.A., and Sheremetyev, A.D., Metodicheskiye rekomendatsii po otsenke zapasov prioritetnykh vidov vodnykh biologicheskikh resursov (Guidelines for assessing stocks of priority types of aquatic biological resources), Moscow: VNIRO, 2018.

Bizikov, V.A., Goncharov, S.M., and Polyakov, A.V., The geographical informational system CardMaster, *Rybn. Khoz.*, 2007, no. 1, pp. 96–99.

Borets, L.A., *Donnye ikhtiotseny rossiiskogo shel'fa dal'nevostochnykh morei: sostav, struktura, elementy funktsionirovaniya i promyslovoye znacheniye* (Benthic Ichthyocoenes on the Russian Shelf of the Far Eastern Seas: Composition, Structure, Functioning Elements, and Commercial Significance), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 1997.

Buslov, A.V., Age estimation of Gadidae species in the far eastern seas: theoretical basis and methodical approaches (a review), *Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchatki Sev.-Zapadn. Chasti Tikhogo Okeana*, 2009, vol. 14, pp. 32–46.

Buslov, A.V., Baytalyuk, A.A., Ovsyannikov, E.E., and Smirnov, A.V., Reproduction, stock status and fishery for walleye pollock in Peter the Great Bay in the modern period, *Tr. Vses. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2022, vol. 189, pp. 145–161. doi 10.36038/2307-3497-2022-189-145-161

Vdovin, A.N., Sexual maturation and sex ratio in pacific cod *Gadus macrocephalus* (Gadidae) in waters of Primorye (Sea of Japan), *Vopr. Ikhtiol.*, 2019, vol. 59, no. 6, pp. 962–965. doi 10.1134/S0042875219060183

Vershinin, V.G., Biology and fishery of cod in the northwestern part of the Pacific Ocean, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.)*, Vladivostok: Dal'nevos. Nauchn, Tsentr Akad, Nauk SSSR, 1984.

Vinnikov, A.V., Pacific cod of western Kamchatka: biology, population dynamics, fishing, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Vladivostok: Inst. Biol. Morya, Dal'nevost. Otd. Ross. Akad. Nauk, 2008.

Zolotov, A.O., Using the bottom trawl surveys for estimation of flatfhish numbering the Karaginski and Olutorski Gulfs: methodical approach and the results, *Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchatki Sev.-Zapadn. Chasti Tikhogo Okeana*, 2009, vol. 13, pp. 51–58.

Zolotov, A.O., Estimation of stocks of Pacific cod *Gadus macrocephalus* (Tilesius, 1810) from the East coast of Kamchatka, *Vopr. Rybolov.*, 2010, vol. 10, no. 1(41), pp. 112–124.

Zolotov, A.O., Distribution and seasonal migrations of flounders in Karaginsky and Olutorsky gulfs, *Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchatki Sev.-Zapadn. Chasti Tikhogo Okeana*, 2011, no. 21, pp. 73–100.

Zolotov, A.O., Modern specialized fishery of sea fish in the western Bering Sea, *Izv. Tikhookean.* Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr., 2021, vol. 201, no. 1, pp. 76–101. doi 10.26428/1606-9919-2021-201-76-101

Zolotov, A.O., Antonov, N.P., and Maznikova, O.A., Pacific cod of the Kuril Islands: stock and contemporary fishing, *Rybn. Khoz.*, 2020, no. 4, pp. 44–51. doi 10.37663/0131-6184-2020-4-44-51

Zolotov, A.O., Glubokov, A.I., and Varkentin, A.I., Development of approaches to regulation of flatfish fishery in the West Bering Sea zone, *Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchatki Sev.-Zapadn. Chasti Tikhogo Okeana*, 2023, vol. 68, pp. 70–89. doi 10.15853/2072-8212.2023.68.70-89

Zolotov, A.O. and Dubinina, A.Yu., Long-term stock dynamics and current fishery of flatfishes of the southern Kurile Islands, in *Sb. mater. Vseross. nauchn. konf. mezhdunar. uchastiem, posvyashch. 85-letiyu Kamchatskogo nauchno-issled. inst. rybn. khoz. okeanogr. "Vodnye biologicheskie resursy Rossii: sostoyanie, monitoring, upravlenie"* (Proc. All-Russ. Sci. Conf. Int. Participation, Commem. 85th Anniv. Kamchatka Res. Inst. Fish. Oceanogr. "Aquatic Biological Resources of Russia: State, Monitoring, and Management"), Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 2017, pp. 62–73.

Zolotov, A.O., Dubinina, A.Y., and Melnik, D.Ya., Distribution and seasonal migrations of the rock sole *Lepidopsetta polyxystra* Orr et Matareze (2000) on the Pacific shelf of Kamchatka and Northern Kuril, *Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchatki Sev.-Zapadn. Chasti Tikhogo Okeana*, 2012, vol. 26, pp. 53–68.

Zolotov, A.O., Maznikova, O.A., and Dubinina, A.Yu., Long-term dynamics of stocks of greenland halibut *Reinhardtius hippoglossoides matsuurae* in the Bering Sea and Pacific waters at Kamchatka and Kuril Islands, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2018, vol. 195, pp. 28–47. doi 10.26428/1606-9919-2018-195-28-47

Zolotov, A.O., Smirnov, A.V., Baranchuk-Chervonny, L.N., and Dubinina, A.Yu., Longterm dynamics and current state of yellowfin sole *Limanda aspera* stocks in the waters of Sakhalin Island, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2014, vol. 178, pp. 25–57. doi 10.26428/1606-9919-2014-178-25-57

Kalchugin, P.V., Zuyenko, Yu.I., and Nuzhdin, V.A., Characteristics of the distribution of the cod *Gadus macrocephalus* (Gadidae) in the Peter the Great Bay, *Vopr. Ikhtiol.*, 2004, vol. 44, no. 6, pp. 805–810.

Kim Sen Tok, Peculitarities of biology and abundance of pacific cod (*Gadus macrocephalus*) off the western Sakhalin and south Kuril Islands, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1998, vol. 124, pp. 212–235.

Kulichenko, N.I., Cod of the western coast of Sakhalin, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1954, vol. 41, pp. 277–293.

Moiseev, P.A., Cod and flounders of the Far Eastern seas, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1953, vol. 40.

Poltev, Yu.N., Peculiarities of biology of cod Gadus macrocephalus in the Pacific waters of the northern Kuril Islands and southern Kamchatka, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2003.

Savin, A.B., Stocks and fishery of cod (*Gadus macrocephalus*, Gadidae) in the northwestern Bering Sea in 1965–2022, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2023, vol. 203, no. 3, pp. 465–489. doi 10.26428/1606-9919-2023-203-465-489

Savin, A.B., Spawning grounds of pacific cod *Gadus macrocephalus* in the North-West Pacific, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2016, vol. 187, pp. 48–71. doi 10.26428/1606-9919-2016-187-48-71

Savin, A.B. and Kalchugin, P.V., Seasonal distribution and migrations of pacific cod *Gadus macrocephalus* (Gadidae) in the northwestern part of the Sea of Japan and adjacent water areas, *Vopr. Ikhtiol.*, 2011, vol. 51, no. 4, pp. 291–305.

Smirnova, M.A., Orlova, S.Y., Kalchugin, P.V., Bojko, M.I., Park, J.H., and Orlov, A.M., Population structure of pacific cod *Gadus macrocephalus* in the southern part of the range based on the microsatellite analyses, *Russ. J. Genet.*, 2018, vol. 54, no. 6, pp. 670–679. doi 10.1134/S1022795418060108

Terentiev, D.A., Vinnikov, A.V., Zolotov, A.O., and Sergeeva, N.P., Fishery and longterm dynamic stock of pacific cod *Gadus macrocephalus* in waters of Kamchatka, *Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchatki Sev.-Zapadn. Chasti Tikhogo Okeana*, 2010, vol. 16, pp. 107–116.

Chugunova, N.I., *Rukovodstvo po izucheniyu vozrasta i rosta ryb (metodicheskoye posobiye po ikhtiologii)* (Guidelines for studying the age and growth of fish (a manual on ichthyology)), Moscow: Akad. Nauk SSSR, 1959.

Elkina, B.N., Materials on the biology of cod from the eastern part of the Tartary Strait, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1963, vol. 49, pp. 95–114.

Поступила в редакцию 2.02.2024 г.

После доработки 13.02.2024 г.

Принята к публикации 1.03.2024 г.

The article was submitted 2.02.2024; approved after reviewing 13.02.2024; accepted for publication 1.03.2024