Известия ТИНРО

2020 **Том 200, вып. 3**

ХабаровскНИРО 75 лет

УДК [574.587:564.5](265.54)

П.А. Дуленина[1], Е.И. Устинова[2], А.А. Дуленин[1]*

[1] Хабаровский филиал ВНИРО (ХабаровскНИРО),
680038, г. Хабаровск, Амурский бульвар, 13а;
[2] Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО),
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕСУРСОВ ТИХООКЕАНСКОГО КАЛЬМАРА *TODARODES PACIFICUS* В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТАТАРСКОГО ПРОЛИВА (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

На основании данных промышленных уловов, полученных в северо-западной части Татарского пролива (СЗТП), дано описание современного состояния ресурсов тихоокеанского кальмара *Todarodes pacificus* Steenstrup, 1880 в период с 2003 по 2019 г. Для оценки состояния запаса в районе исследования наиболее применимы показатели обилия, выраженные в улове на лебедку за час работы (экз./леб./час) и в улове на судно в сутки (т/суд./сут). В СЗТП во все годы промысла отмечался рост улова на усилие ($\alpha = 1{,}5 \pm 0{,}6$, $r^2 = 0{,}3$, $p < 0{,}03$, в среднем 35,6 ± 3,6 экз./леб./час). Тенденция на некоторое его снижение наметилась в последние два года — до 28 экз./леб./час в 2019 г. При этом вылов на судо-сутки в районе остается относительно постоянным (среднемноголетнее значение — 582,0 ± 45,8 кг/суд./сут), поскольку уменьшение количества особей в уловах восполнено ростом их индивидуальной массы. Выявлен рост средних значений массы кальмара: в 2004 г. она составляла 205,0 ± 4,0 г, в 2012 г. — 256,0 ± 3,5 г, а в 2019 г. — 297,0 ± 6,3 г. Отмечено, что изменение климатического режима по-разному влияет на популяцию *T. pacificus* в репродуктивной (южной) и нагульной (северной) частях его ареала. В южной части Японского моря температура поверхностных вод в период нереста (20–25 °С) превышает оптимальную для размножения кальмара и развития его пелагических личинок (15–23 °С), что приводит к общему снижению численности *T. pacificus*. В северной части моря, в СЗТП, общий процесс потепления, наоборот, обеспечивает условия температурного оптимума вида для образования нагульных скоплений (средняя температура в промысловый сезон — 13,1 °С). Кроме этого, массовым миграциям кальмара в СЗТП способствует усиление интенсивности Цусимского течения и его ветви, которая проникает в Татарский пролив. Это обеспечивает, вероятно, и формирование хорошей кормовой базы. Указанные обстоятельства позволяют прогнозировать стабильное состояние запаса и промысла тихоокеанского кальмара в СЗТП в ближайшее время.

** Дуленина Полина Александровна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, e-mail: dulenina.polina@mail.ru; Устинова Елена Ивановна, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: elena.ustinova@tinro-center.ru; Дуленин Александр Алексеевич, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: dulenin@mail.ru.*

Dulenina Polina A., Ph.D., senior researcher, Khabarovsk branch of VNIRO (KhabarovskNIRO), 13a, Amursky Boulevard, Khabarovsk, 680038, Russia, e-mail: dulenina.polina@mail.ru; Ustinova Elena I., Ph.D., leading researcher, Pacific branch of VNIRO (TINRO), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia, e-mail: elena.ustinova@tinro-center.ru; Dulenin Alexander A., Ph.D., leading researcher, Khabarovsk branch of VNIRO (KhabarovskNIRO), 13a, Amursky Boulevard, Khabarovsk, 680038, Russia, e-mail: dulenin@mail.ru.

Ключевые слова: Татарский пролив, *Todarodes pacificus*, ресурсы, индекс обилия, потепление морских вод.
DOI: 10.26428/1606-9919-2020-200-586-604.

Dulenina P.A., Ustinova E.I., Dulenin A.A. Current state of resources for japanese flying squid *Todarodes pacificus* in the northwestern Tatar Strait (Japan Sea) // Izv. TINRO. — 2020. — Vol. 200, Iss. 3. — P. 586–604.

Data on commercial catches of japanese flying squid *Todarodes pacificus* in the northwestern Tatar Strait in 2003–2019 are analyzed. To assess the resours status in the study area, the relative number (individuals per jigger winch per hour) and biomass (kilograms per vessel per day) marks recognized to be the most applicable winch per hour or the catch in kg per vessel per day. The average CPUE value was 35.6 ± 3.6 ind./winch/hour; increasing trend of CPUE is observed ($\alpha = 1.5 \pm 0.6$, $r^2 = 0.3$, $p < 0.03$). The squid abundance decreased slightly in the last 2 years, with CPUE decreasing to 28 ind./winch/hour in 2019, though the squid biomass was relatively stable (average CPUE 582.0 ± 45.8 kg/vessel/day) — decreased number of caught individuals was compensated by individual body weight increasing. Long-term tendency to the body weight increasing was noted: the average body weight was 205.0 ± 4.0 g in 2004, 256.0 ± 3.5 g in 2012, and 297.0 ± 6.3 g in 2019. Possible climate change influence on the squid population was discussed. Because of warming in the reproductive area of *T. pacificus* in the southern Japan Sea, SST in the spawning period reached 20–25 °C and exceeded the value optimal for reproduction and larvae development (15–23 °C), so the squid abundance decreased. On the contrary, in the northern Japan Sea (in the Tatar Strait) the warming caused better conditions for the squid feeding: the higher zooplankton biomass in this area was observed under SST 13–18 °C that is reached every year recently. On the other hand, the Tsushima Current intensifying promoted active migrations of *T. pacificus* to the northwestern Tatar Strait. These factors of climate warming ensure favorable environments for northward migrations of *T. pacificus* and forming of dense feeding aggregations in the northwestern Tatar Strait that allows to expect good conditions for the squid fishery in this area in the nearest future.

Key words: Tatar Strait, *Todarodes pacificus*, squid stock, CPUE, climate warming.

Введение

Тихоокеанский кальмар *Todarodes pacificus* — ценный промысловый вид в Японском море, в Тихом океане у японских берегов, у южных Курильских островов, а также в Охотском море [Choi et al., 2002; http://abchan.fra.go.jp (на японском языке)]. Ареал тихоокеанского кальмара делится на две части — репродуктивную и нагульную. Репродуктивная часть ареала расположена на юге Японского и в северной части Восточно-Китайского моря [Okutani, 1983]. Нагульная часть — в более северных водах, преимущественно в российской части Японского моря, включая Татарский пролив.

Основной район промысла — Японское море, где его вылов осуществляется преимущественно странами Юго-Восточной Азии, а также российским флотом [Млынар, 2009; Sakurai et al., 2013; Arkhipkin et al., 2015]. На севере Японского моря, в Татарском проливе, тихоокеанский кальмар образует промысловые концентрации в летне-осенний период (с августа по ноябрь) во время сезонных нагульных миграций. Его добыча российскими рыбаками в промышленном режиме в северо-западной части Татарского пролива (СЗТП) начата с 2003 г. Здесь кальмара ловят на специализированных шхунах японского производства при помощи вертикальных пелагических ярусов. Число судов на промысле меняется год от года, составляя 6–8 (до 13) шхун. В последние годы рыбопромышленные организации Советско-Гаванского и Ванинского районов Хабаровского края ищут пути расширения своей деятельности за счет промысла недоиспользуемых прибрежных видов, проявляя повышенный интерес, в частности, к тихоокеанскому кальмару. В связи с этим цель нашей работы — оценить текущее состояние и перспективы использования ресурсов тихоокеанского кальмара у западного побережья Татарского пролива в пределах Хабаровского края.

Материалы и методы

Материалом для статьи послужили многолетние данные промысловых уловов тихоокеанского кальмара в СЗТП, предоставленные рыбопромышленными органи-

зациями Хабаровского края с 2003 по 2019 г. Основной район промысла находится в пределах участка прибрежной зоны от мыса Песчаного (48°27’ с.ш.) на юге до мыса Сюркум (50°06’ с.ш.) на севере (рис. 1). Дополнительно использованы данные джиггерных удебных уловов, собранные в районе в 2009–2015 гг. (500 станций).

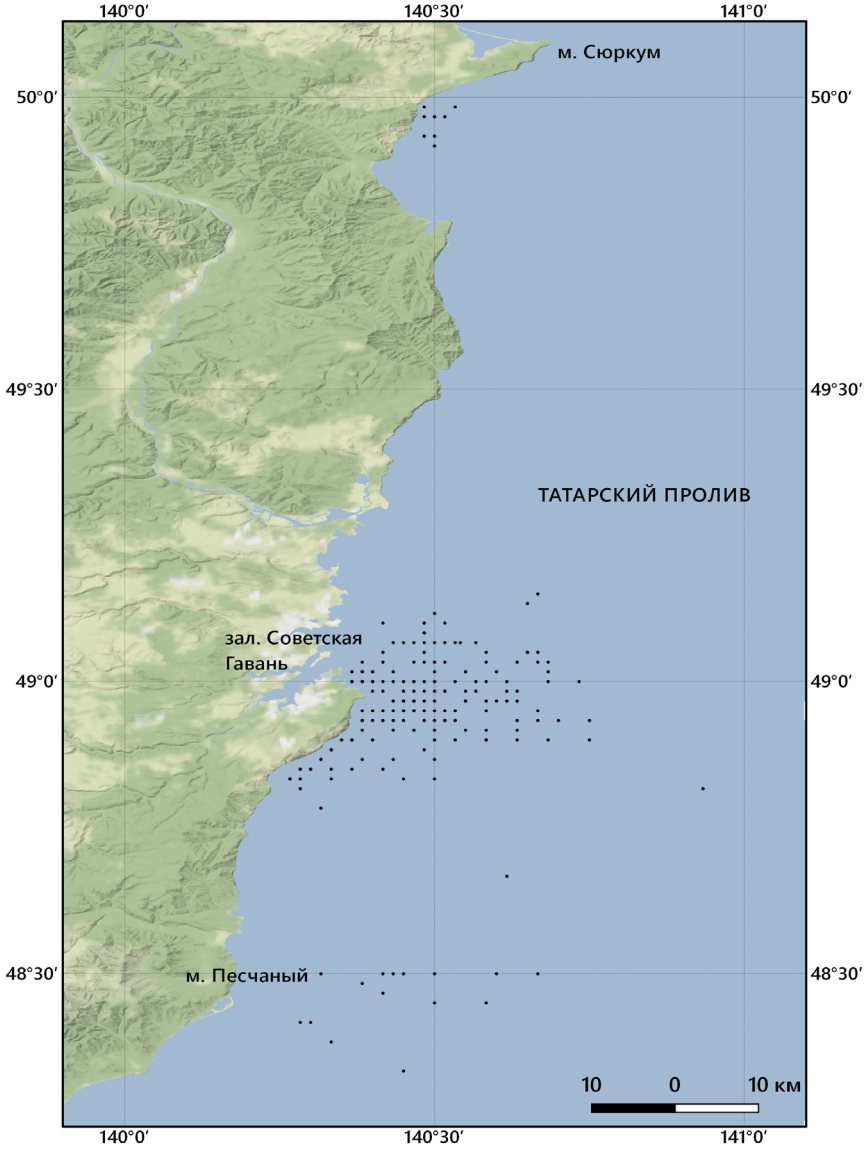

Рис. 1. Карта-схема района работ кальмароловных шхун во время промышленного лова в СЗТП, 2003–2019 гг.

Fig. 1. Scheme of the areas of squid commercial fishery in the northwestern Tatar Strait in 2003–2019

Промысел кальмара в северо-западной части Татарского пролива осуществляется на специализированных кальмароловных шхунах японского производства 1980–1990-х гг. Они представляют собой пластиковые суда с длиной корпуса от 10,5 до 19,0 м и шириной от 2,3 до 3,4 м. Мощность двигателя варьирует от 200 до 780 л.с. Судно оснащено 8–20 галогенными лампами, мощностью 1–5 кВт каждая. На каждом судне установлено от 6 до 12 специализированных лебедок для лова кальмара вертикальными ярусами (джиггер-машин), в среднем 8 лебедок на шхуну. Каждая лебедка оснащена двумя вертикальными ярусами.

Известно, что для крупных промысловых стад тренды уловов в общем отражают динамику запаса вида [Кляшторин, Сидоренков, 1996], которую можно проследить как через общий вылов, так и через относительные уловы. Поэтому для оценки состояния запаса тихоокеанского кальмара авторы применили относительные показатели его обилия, которые традиционно используют в промысловой статистике по этому объекту [Sakurai et al., 2000; Yu et al., 2018]:

1) судовой суточный вылов (т/суд./сут, 1 судо-сутки ≈ 8 час работы, 1193 усилия) — показатель относительной биомассы;

2) судовой сезонный вылов (т/суд./сезон, 15 сезонов);

3) общий сезонный вылов (т/сезон, 15 сезонов) всеми судами;

4) вылов одной лебедкой за час работы (экз./леб./час, ≈ 76 тыс. усилий). Поскольку первые три показателя, использующие массу выловленного кальмара, не отражают его численности, последний был использован в качестве показателя относительной численности кальмара.

Кроме того, привлечена информация по промысловой обстановке у берегов Японии. Данные по уловам иностранного флота приведены из ежегодного годового отчета, находящегося в свободном доступе на сайте Японского агентства по рыбохозяйственной науке и образованию (FRAJ) [www.abchan.fra.go.jp/digests2019/index.html].

Проанализированы данные о температуре воды на поверхности Татарского пролива за промысловый период с августа по ноябрь с 1970 по 2019 г. Выборка данных сформирована на основе баз данных Японского метеорологического агентства (JMA) по среднедекадной температуре поверхности моря (ТПМ), доступ к которым предоставлен в рамках международного проекта NEAR-GOOS [https://ds.data.jma.go.jp/gmd/goos/data/rrtdb/jma-pro/him_sst_pac_T.html 07.04.2020]. За рассматриваемый период эти базы данных эволюционировали за счет постепенного добавления в них данных судов, нового типа буев, новых спутников с высокоточными датчиками и высоким пространственным разрешением, а также за счет улучшающихся методик усвоения данных, что позволило добиться улучшения пространственного разрешения от 1 x 1 до 0,1 x 0,1°. Первое поколение среднедекадных данных с разрешением 1 x 1° охватывало период 1970–2014 гг., второе с разрешением 0,25 x 0,25° — период с 1982 г. по июнь 2017 г., третье с разрешением 0,1 x 0,1° — с июля 2017 г. по настоящее время. В последние 40 лет данные спутниковых наблюдений активно используются для восполнения недостатка данных в районах с редкими судовыми измерениями. Для их усвоения разработана специальная модель [Saiki, 1986], которая постоянно модернизируется и улучшается [Ishii et al., 2005; Kurihara et al., 2006]. Несмотря на значительные для ледовых месяцев отличия первой базы данных от второй [Устинова, Сорокин, 2013], мы посчитали возможным их совместное использование, так как именно в рассматриваемые нами месяцы промыслового сезона такие отличия минимальны. Расчет средней для Татарского пролива температуры осуществлялся в одних и тех же границах независимо от разрешения. Статистический анализ выполнялся по усредненным данным за весь промысловый сезон — с августа по ноябрь.

Названия течений приводятся в соответствии с указанными в монографии «Гидрометеорология и гидрохимия…» [2003]. Для оценки интенсивности Цусимского течения в Японском море использовалась информация с сайта JMA [http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/db/kaikyo/tsushima/tsushima_area.html 07.04.2020], согласно которой интенсивность определялась как площадь в квадратных километрах, занятая водами Цусимского течения с температурой воды на глубине 100 м ≥ 10 °С.

Биологический анализ выполняли по стандартным методикам, применяемым для изучения кальмаров [Шевцов, 1971]: определяли вид, измеряли длину мантии с дорсальной стороны (с точностью до 1 мм), кальмаров взвешивали, определяли пол и стадию зрелости. Для анализа брали не менее чем по 100 особей. Для выявления межгодовой изменчивости размерно-массовых показателей сравнивали данные из

уловов в октябре, когда вид в районе достигает максимальных размеров перед началом миграции на юг. Использованы данные биологического анализа 3500 экз. кальмара.

Для анализа межгодовой изменчивости уловов применяли процедуру регрессионного анализа. Размерно-массовые показатели сравнивали при помощи критерия Стьюдента. Картографическая обработка выполнена с использованием свободно распространяемой программы NextGIS QGIS (версия 20.2.0). Статистическая обработка сделана в свободно распространяемой программе PAST 3.25*.

Результаты и их обсуждение

Состояние промысла в СЗТП. В прибрежной зоне СЗТП промысел тихоокеанского кальмара ведется при помощи вертикальных ярусов в суточном режиме с ежедневной сдачей улова на берег. Рекомендованный вылов (РВ) кальмара в эти годы составлял от 900 до 4500 т. Даже с учетом вылова рыбаками-любителями он никогда не осваивался более чем на 25 %. Колебания РВ были обусловлены не столько изменениями состояния запаса, сколько различиями в методах его оценки. Запас тихоокеанского кальмара в СЗТП в разные годы оценивали различными методами на основе данных промышленных уловов, джиггерных кальмарных съемок и близнецового тралового лова. Величины промыслового запаса в пределах 12-мильной зоны района исследований по этим данным колебались на уровне от 12 до 100 тыс. т. Они вряд ли могут быть приведены к какому-либо общему знаменателю. Специализированные джиггерные съемки по техническим и организационным причинам невозможно было выполнять ежегодно. В то же время промышленным ловом охватываются относительно небольшие участки, что не позволяет давать оценку запаса на всей площади района исследований. По этим причинам представляется, что для оценки состояния ресурсов кальмара в районе исследования больше подходят не абсолютные оценки запаса, а относительные показатели джиггерного вылова. Однозначным плюсом такого подхода является то обстоятельство, что промышленный лов ведут ежегодно в одном районе на однотипных судах с применением одинакового промыслового вооружения. Остается выбрать, какие из стандартных относительных показателей, перечисленных в методическом разделе, для этого подходят.

Промышленный лов в районе был начат в 2003 г. Общий вылов увеличивался до 2009 г., достигнув в этот год максимального объема — 151 т. Далее он резко снизился, а с 2012 г. стабилизировался, составив в последующие годы в среднем 30 т в год. Однако в 2019 г. он опять увеличился до 102 т. При этом количество судов на промысле варьировало от 1 до 13. При увеличении числа судов вылов не всегда возрастал и мог сильно различаться по годам. Так, в 2009 и 2019 гг. работало 13 шхун, в 2010 г. — 12 шхун, а их вылов составил соответственно 151,0, 102,4 и 50,0 т. Вылов 6 шхун в 2012 г. (25 т) и в 2017 г. (32 т) был сопоставим с выловом двух шхун в 2013 г. (25 т) и в 2014 г. (30 т) (рис. 2). Несмотря на то что зависимость общего вылова от количества шхун статистически значима ($\alpha = 6{,}6 \pm 2{,}0$, $p < 0{,}005$), относительно невысокое значение коэффициента детерминации этой зависимости ($r^2 = 0{,}46$) показывает, что увеличение количества шхун обусловливает рост общего сезонного вылова менее чем наполовину. Так, сокращение количества шхун в 2013–2015 гг. было обусловлено не ухудшением промысловой обстановки, а административными причинами: введением новых требований по оснащению маломерных шхун техническими средствами контроля, которые далеко не все судовладельцы смогли своевременно выполнить.

С 2003 по 2019 г. улов на судно изменялся хаотически, составляя от 4 до 22 т/суд./сезон, в среднем 9,9 ± 1,3 т/суд./сезон. Статистически значимых изменений судовых сезонных уловов во времени не выявлено ($\alpha = -0{,}30 \pm 0{,}25$, $r^2 = 0{,}12$, $p = 0{,}21$). То обстоятельство, что увеличение количества шхун на промысле не всегда ведет к увеличению

* Hammer Ø. PAST: Paleontological statistics. Version 3.20. Reference manual. Oslo: Natural History Museum. Univ. of Oslo. 1999–2018. 262 p.

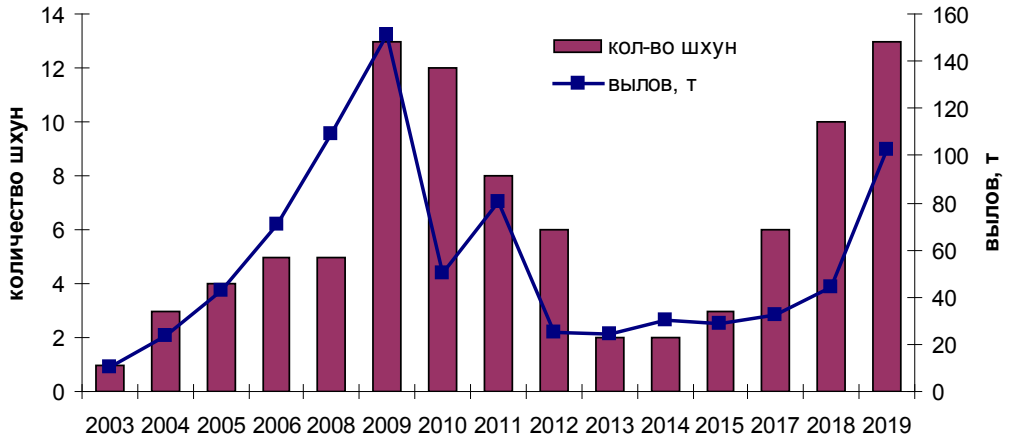

Рис. 2. Соотношение вылова *T. pacificus* и количества шхун на промысле по годам в СЗТП
Fig. 2. Ratio of *T.pacificus* catch and number of fishing boats in the northwestern Tatar Strait, by years

общего вылова, легко объяснимо. Уловы кальмара подвержены значительным флюктуациям и весьма сильно зависят от квалификации рыбаков и технического оснащения шхун. В связи с этим основную долю вылова дают несколько опытных капитанов, занятых на промысле с первых лет его развития. Это не удивительно, поскольку успешный промысел предполагает учет множества факторов: гидрометеорологических условий, фаз Луны, обилия пищи кальмара и пр. Так, при понижении атмосферного давления уловы возрастают [Дьяков, 2003], что предполагает рыбалку при плохой погоде, привлечение кальмаров на свет в светлые полнолунные ночи бывает на порядок хуже, чем в темные безлунные [Зуев, Несис, 1971; Млынар, Немченко, 2003], в ветреную погоду кальмар держится приглубленно, что требует перенастройки джиггер-машин, и т.п. Эти обстоятельства позволяют заключить, что судовой сезонный и общий сезонный выловы — неустойчивые показатели состояния запаса, вряд ли пригодные для отслеживания относительной динамики обилия вида.

При значительных межгодовых флюктуациях в СЗТП во все годы промысла отмечается общая тенденция к росту показателя относительной численности (экз./леб./час). Более того, в 2017 г. отмечено максимальное значение этого показателя за весь период промысла — 63,0 экз./леб./час при среднемноголетнем значении 35,6 ± 3,6 экз./леб./час. В 2019 г. наблюдалось его уменьшение до 28 экз./леб./час (рис. 3).

При кажущемся сходстве обоих графиков относительных уловов их характеристики существенно различаются (рис. 3). Показатель относительной биомассы хаотично изменяется из года в год, угловой коэффициент линии его регрессии статистически незначим ($\alpha = 12{,}3 \pm 9{,}0$, $r^2 = 0{,}12$, $p > 0{,}19$). В то же время значение показателя относительной численности год от года статистически значимо возрастает ($\alpha = 1{,}5 \pm 0{,}6$, $r^2 = 0{,}3$, $p < 0{,}03$). Интересно, что при уменьшении показателя относительной численности в 2019 г. улов на судно в сутки не уменьшился, но был даже несколько выше, чем в 2018 г. (соответственно 578,0 ± 70,8 и 568,0 ± 69,7 кг/судо-сутки) и оказался близок к среднемноголетнему уровню — 582,0 ± 45,8 кг/судно в сутки.

Причины сохранения среднего вылова шхунами в 2019 г. на фоне снижения показателя относительной численности, скорее всего, следующие. Сравнение размерно-массовых характеристик в разные годы (2004, 2012 и 2019, рис. 4) показало, что в 2019 г. особи вида были самыми крупными за все годы промысла. Так, средняя длина мантии составила 246,0 ± 1,6 мм, что на 20 мм больше среднемноголетних показателей. В 2012 и 2004 гг. средняя длина мантии составляла соответственно 232,0 ± 1,2 и 219,0 ± 1,3 мм. Вполне ожидаемо, что увеличение индивидуальной

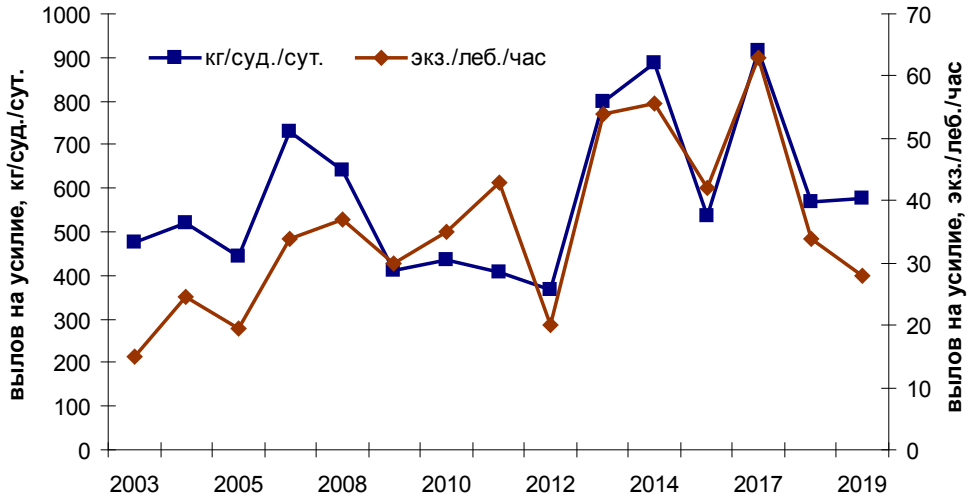

Рис. 3. Динамика относительных уловов *T. pacificus* в СЗТП, 2003–2019 гг.
Fig. 3. Dynamics of *T. pacificus* CPUE in the northwestern Tatar Strait, 2003–2019

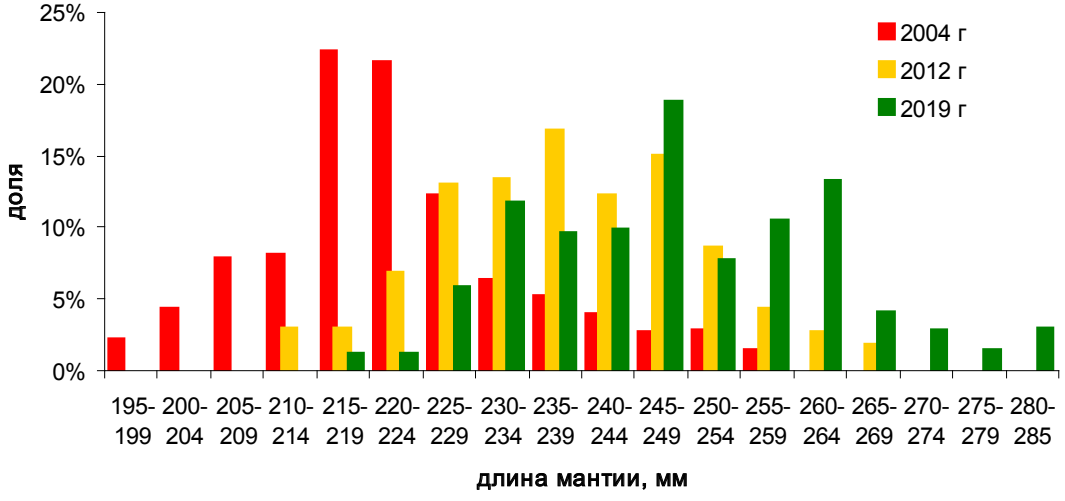

Рис. 4. Длина мантии *T. pacificus* в октябре в СЗТП в разные годы
Fig. 4. Mantle length of *T. pacificus* in the northwestern Tatar Strait in October, by years

массы моллюсков было еще более выражено. При сравнении массы кальмара в те же годы (рис. 5) выявлен рост ее средних значений (205,0 ± 4,0, 256,0 ± 3,5 и 297,0 ± 6,3 г). Межгодовые различия массы статистически значимы: для 2004–2012 гг. $t = -11{,}0$ при $p < 0{,}0001$; для 2004–2019 гг. $t = -12{,}15$, $p < 0{,}0001$ и для 2012–2019 гг. $t = -3{,}19$, $p = 0{,}002$. В 2019 г. средняя масса тихоокеанского кальмара в СЗТП была на 50 г больше среднемноголетнего значения, равного 246,0 ± 1,1 г.

Следует полагать, что снижения массы улова на судно в сутки в 2019 г. не произошло, поскольку некоторое уменьшение количества особей в уловах было скомпенсировано большей индивидуальной массой особей по сравнению с предыдущими годами. Таким образом, изложенные выше данные о состоянии промысла кальмара в северо-западной части Татарского пролива с 2003 по 2019 г. в целом указывают на то, что общее состояние запаса тихоокеанского кальмара на севере нагульной части его ареала остается стабильным. Учитывая, что общий уровень промысла кальмара в районе значительно меняется

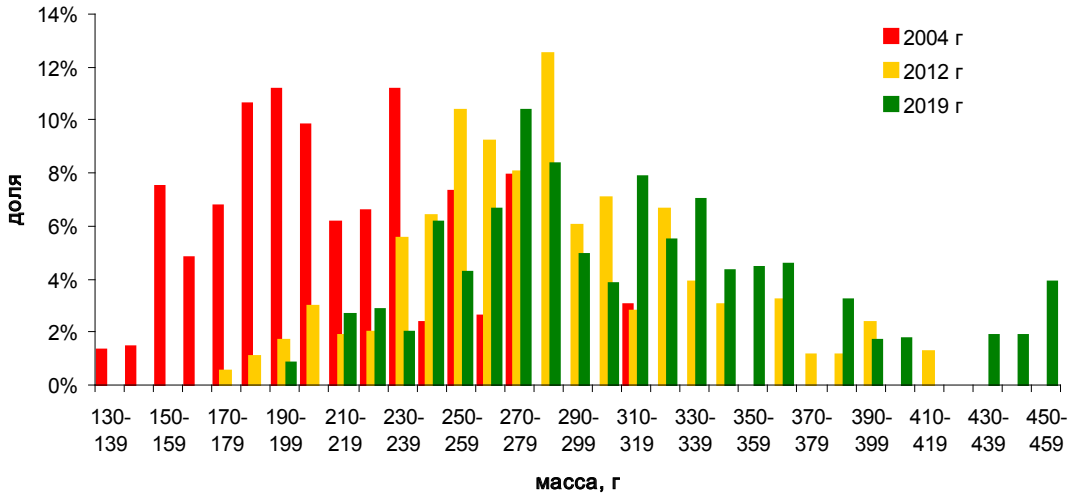

Рис. 5. Масса *T. pacificus* в октябре в СЗТП в разные годы
Fig. 5. Body weight of *T. pacificus* in the northwestern Tatar Strait in October, by years

от года к году, для решения задач оценки состояния его ресурсов в СЗТП наилучшим образом подходят величины вылова на усилие (экз./леб./час и т/суд./сут), т.е. показатели относительной численности и биомассы.

Состояние промысла в южной части Японского моря. Целесообразно сравнить состояние ресурсов и промысла кальмара в нагульной и репродуктивной частях ареала. Промысел в южной части Японского моря ведут преимущественно с борта среднетоннажных судов в экспедиционном режиме. В последние десятилетия максимальный вылов тихоокеанского кальмара Японией и Республикой Корея в Японском море был отмечен в 1996 г. — 317,5 тыс. т. В последующие годы (1997–2008) вылов ежегодно колебался в пределах от 156 до 310 тыс. т. Однако в период с 2009 по 2018 г., в отличие от СЗТП, здесь он стремительно уменьшился, снизившись с 192 до 57 тыс. т (см. таблицу). Показатели линейной регрессии изменения уловов во времени ($\alpha = -12{,}6 \pm 1{,}2$, $r^2 = 0{,}93$, $p < 0{,}0001$) свидетельствуют о том, что он практически равномерно уменьшался в среднем на 12,6 тыс. т ежегодно.

Вылов тихоокеанского кальмара Японией и Республикой Корея в южной части Японского моря в 2009–2018 гг., тыс. т [www.abchan.fra.go.jp/digests2019/index.html]
Annual landings of japanese flying squid in the southern Japan Sea by Japan and South Korea in 2009–2018, 10^3 t [from: www.abchan.fra.go.jp/digests2019/index.html]

Страна	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Япония	77	62	51	56	40	40	33	28	35	24
Республика Корея	115	97	79	89	78	72	69	56	52	33
Общий вылов	192	159	130	145	118	112	102	84	87	57

По данным Японского агентства по рыбохозяйственной науке и образованию [www.abchan.fra.go.jp/digests2019/index.html] в межгодовой динамике относительных уловов японских среднетоннажных судов, ведущих промысел в южной части Японского моря, также прослеживается тенденция на их снижение. Наибольшего значения за последние десятилетия относительный вылов достиг в 2002 г., составив 3,70 т/суд./сут, а к 2018 г. он статистически значимо снизился до 1,63 т/суд./сут ($\alpha = -0{,}07 \pm 0{,}01$, $r^2 = 0{,}53$, $p = 0{,}0004$) при среднемноголетнем значении $2{,}50 \pm 0{,}13$ т/суд./сут. При этом вылов среднетоннажных судов, ведущих промысел в репродуктивной части ареала, нельзя напрямую сравнивать с уловами малотоннажных судов, работающих в его нагульной части. Для такого сравнения хорошо подходят показатели вылова на 1 лебедку. Улов

на лебедку, используемый здесь как показатель относительной численности кальмара, статистически значимо уменьшился с самого высокого значения за весь период наблюдений — 28,8 экз./леб./час в 2014 г. до 7,4 экз./леб./час в 2019 г. ($\alpha = -3{,}4 \pm 1{,}1$, $r^2 = 0{,}7$, $p = 0{,}04$) при среднемноголетнем значении 16,4 ± 1,2 экз./леб./час (рис. 6). Из этих данных видно, что показатель относительной численности в нагульной части ареала как по среднемноголетним значениям (35,6 ± 3,6 экз./леб./час), так и в последний имевший тенденцию на снижение улова 2019 г. (28 экз./леб./час) был в несколько раз выше, чем в его нерестовой части.

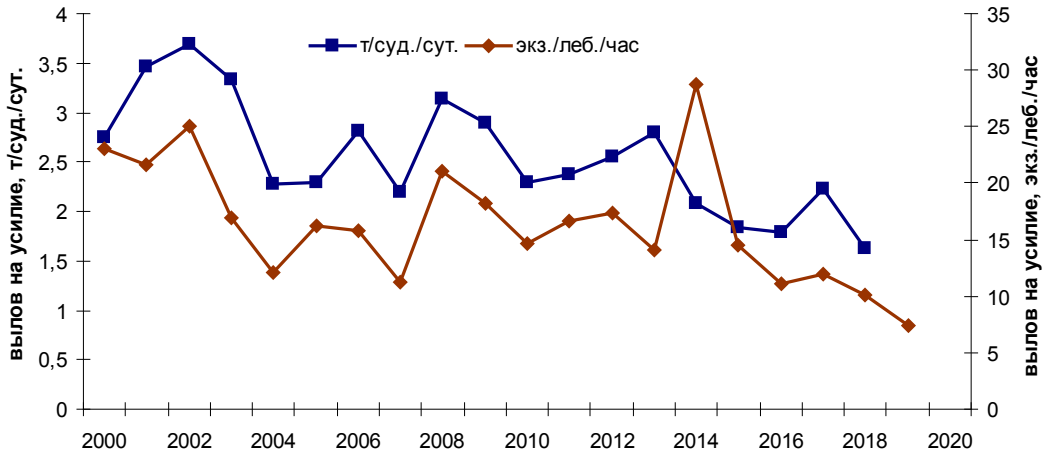

Рис. 6. Динамика относительных уловов *T. pacificus* японскими среднетоннажными судами в южной части Японского моря в 2000–2019 гг. по данным Японского агентства по рыбохозяйственной науке и образованию [www.abchan.fra.go.jp/digests2019/index.html]

Fig. 6. Dynamics of *T. pacificus* CPUE in the southern Japan Sea by Japanese medium-tonnage fishing vessels in 2000–2019 (by the data of Fisheries Research and Education Agency of Japan [www.abchan.fra.go.jp/digests2019/index.html])

Причины, влияющие на состояние запаса. Необходимо выяснить, с чем связано столь разное состояние запаса и промысла в южной и северной частях Японского моря. Прежде всего хорошо известно, что численность кальмаров (например, *Illex illecebrosus, Loligo pealeii* [Dawe et al., 2007], *Thyanoteuthis rhombus* [Miyahara et al., 2005], *L. gahi* [Agnew et al., 2000] и др.) тесно связана с температурой морских вод. Это справедливо и для тихоокеанского кальмара. Исторически общие колебания уловов *T. pacificus* в северо-западной части Тихого океана в целом совпадали со сменой термического режима вод: в гидрологически «холодные» годы уловы снижались, а в «теплые» — увеличивались [Sakurai et al., 2000]. Так, повышение зимней температуры воды в этом районе начиная с 1989 г. считается основной причиной увеличения запасов кальмаров с 1990-х гг. [www.abchan.fra.go.jp/digests2019/index.html]. При этом в последние годы отмечен положительный «сдвиг» климатических индексов в северо-западной части Тихого океана, который позволяет сделать вывод о переходе в более теплую климатическую эпоху, чем в предыдущие 20 лет [Хен и др., 2019].

Однако наблюдающаяся в последние годы тенденция на снижение вылова кальмара в южной части Японского моря не вписывается в стандартную историческую картину. Тихоокеанский кальмар — эвритермное животное, обитающее в диапазоне температур от 5 до 27 °C. При этом выживаемость пелагических личинок (параларвы) *T. pacificus* высока в температурном диапазоне 15–23 °C, а смертность увеличивается при повышении температуры [Sakurai et al., 1996; Jereb, Roper, 2010]. В последние годы температура поверхностных вод на нерестилищах во время нереста кальмара составляет от 20 до 25 °C [http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/db/kaikyo/tsushima/tsushima_area.html 07.04.2020], что превышает оптимальную температуру для развития

параларвы. Аномальное повышение температуры поверхностных вод приводит к разрыву нерестилищ вида, что негативно влияет на успех нереста, выживаемость пелагических личинок и молоди, тем самым уменьшая численность тихоокеанского кальмара [Rosa et al., 2011]. Оптимальная температура поверхностных вод для образования его нагульных скоплений составляет 12–16 °С [Шунтов, 1964; Jereb, Roper, 2010]. Закономерно, что повышение температуры воды выше оптимальных для нагульной части тихоокеанского кальмара приводит к перераспределению его скоплений. В последние годы произошло их смещение к северу, в открытые российские воды, в области более низких температур, из-за чего вылов в южной части Японского моря уменьшился, а у северных японских островов (Хоккайдо и Хонсю) в период нагула вид перестал образовывать промысловые скопления [www.abchan.fra.go.jp/digests2019/index.html].

Помимо глобальных климатических изменений, имеются «провинциальные особенности в динамике климато-океанологического режима, связанные со спецификой местных условий» [Шунтов, Иванов, 2019]. Именно с такими особенностями, очевидно, следует связывать различия в состоянии и распределении запаса тихоокеанского кальмара в нагульной и нерестовой частях ареала. Вполне естественно, что синхронно с северо-западной частью Тихого океана происходят климатические изменения и в северо-западной части Японского моря: в настоящее время термический режим вод также характеризуется как «теплый» [Дьяков, Матвеев, 2017]. Однако температуры воды здесь далеко не достигают значений, типичных для южной части моря, и находятся в пределах оптимума для нагула тихоокеанского кальмара. С самого начала промысла кальмара в районе исследования в промысловый сезон (август-ноябрь) температура поверхностных вод в Татарском проливе была благоприятна для миграции вида и образования плотных скоплений, составляя в среднем в августе 18,0 °С, в сентябре — 16,8, в октябре — 11,8, в ноябре — 6,2 °С. Ранее делались выводы, что тихоокеанский кальмар в значительных количествах мигрирует в СЗТП лишь в годы своей высокой численности, а в остальное время ограничивается миграциями в южной части Татарского пролива [Мокрин, 2006]. Действительно, начиная с 70-х гг. прошлого столетия, когда в северо-западной части Тихого океана наблюдалась тенденция к снижению численности вида, он, достигнув наименьшей численности в 1986 г., создавал промысловые скопления только в южной части зоны России [Дударев и др., 2004]. Однако в последние годы на фоне общего сокращения численности популяции *T. pacificus* в южной части Японского моря ежегодно наблюдается проникновение вида и образование его промысловых концентраций на севере Татарского пролива.

В ряде работ показано, что распределение и численность тихоокеанского кальмара тесно связаны с гидрологическими условиями [Шевцов, 1977; Мокрин, Никитин, 1989; и др.]. Глобальные климатические изменения, которые привели к потеплению в Японском море с конца 1980-х гг., существенно влияют и на его северную часть. И.Д. Ростов с соавторами [2016] отмечают, что на большей части акватории прибрежной зоны Татарского пролива по данным прибрежных гидрометеорологических станций за период с 1980 по 2015 г. выявлен значимый положительный тренд в межгодовом ходе среднегодовой температуры воды величиной 0,03 °С/год (R^2 = 0,41). Этот тренд устойчиво проявляется в районе зал. Советская Гавань, т.е. в основном районе добычи кальмара в СЗТП, где достигает максимальных значений в летний и осенний сезоны (соответственно 0,06 и 0,04 °С/год). По этим же данным увеличение средних температур за это время составило +1,1 °С. При этом прирост положительных аномалий температуры на побережье Татарского пролива усилился после 2003 г. [Ростов и др., 2016], т.е. как раз в тот период, когда началась промышленная добыча кальмара в этом районе.

Эти тенденции подтверждаются проведенным нами анализом данных о температуре поверхности моря Японского метеорологического агентства [http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/db/kaikyo/tsushima/tsushima_area.html 07.04.2020]. Оценка линейного тренда, выполненная по аналогичной методике для временного ряда ТПМ с 1970 по 2019 г., отражает общее потепление за этот период. Нами выявлено стати-

стически значимое увеличение температуры поверхностных вод в Татарском проливе на 0,05 °С/год ($r^2 = 0,62$, $p < 0,005$) в промысловый сезон (август-ноябрь) (рис. 7). В 1970–1980-е гг., когда миграций кальмара в СЗТП не отмечалось, средняя температура поверхностных вод составляла 11,3 °С. В текущем столетии температура в течение промыслового сезона существенно выше — 13,1 °С. Несмотря на понижение ТПМ после экстремально теплого 2006 г., температура остается выше среднемноголетнего значения (12,2 °С) все последующие годы.

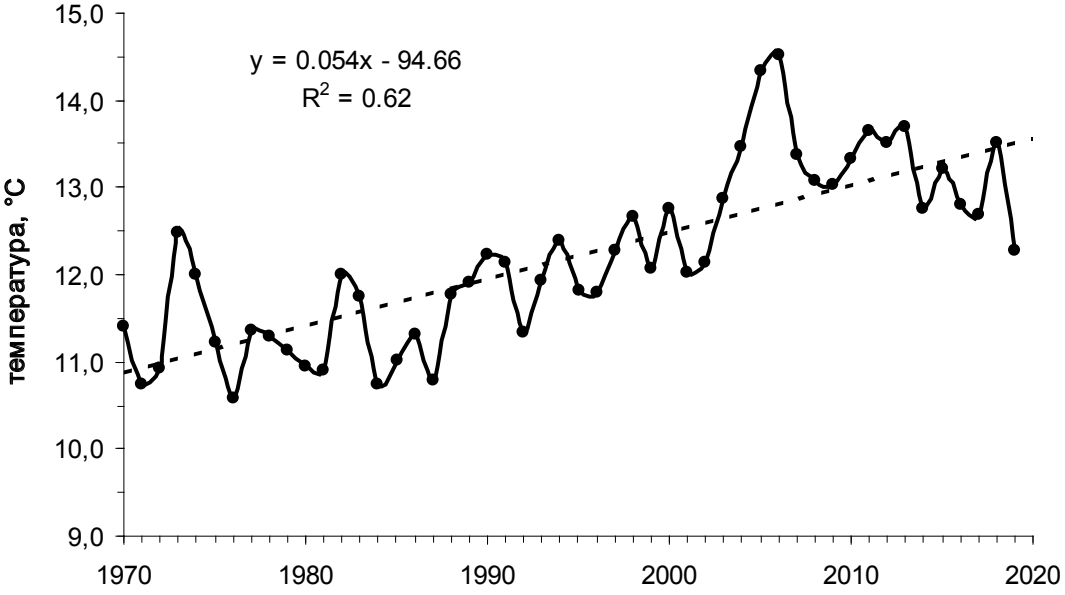

Рис. 7. Температура воды на поверхности Татарского пролива в промысловый сезон (август-ноябрь) с 1970 по 2019 г. по данным Японского метеорологического агентства [http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/db/kaikyo/tsushima/tsushima_area.html 07.04.2020]

Fig. 7. Sea surface temperature in the Tatar Strait in the fishing season for japanese flying squid (August-November) in 1970-2019 (by the data of Japan Meteorological Agency [http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/db/kaikyo/tsushima/tsushima_area.html 07.04.2020])

Таким образом, изменение климатического режима по-разному влияет на популяцию тихоокеанского кальмара в различных частях его ареала. В репродуктивной части ареала, на юге Японского моря, температура превышает оптимальную для размножения и развития кальмара, что приводит к общему снижению его численности. На севере, в Татарском проливе, наоборот, складываются условия температурного оптимума вида, что приводит к его массовым миграциям в этот район и образованию промысловых скоплений.

Важно, что тихоокеанский кальмар совершает нагульные миграции на север с теплыми течениями системы Куросио [Зуев, Несис, 1971; Okutani, 1983]. В Японском море массовые миграции этого вида осуществляются в основном тремя потоками: с течениями Цусимским и Восточно-Корейским и через центральную часть моря [Дьяков, 2003], а также с динамическими структурами синоптического масштаба, связанными с этой системой течений, вплоть до северной части Татарского пролива. Осенью 2019 г. наблюдалось значительное проникновение в СЗТП субтропических вод с ветвью Цусимского течения. Согласно данным JMA, Цусимское течение интенсифицировалось с середины сентября. Мониторинг, проводимый этим агентством с 1982 г., позволяет наглядно проследить текущее состояние этого течения на фоне среднемноголетнего и двух «контрольных» диапазонов изменчивости (без 1/3 и 1/10 верхней и нижней частей диапазона): на рис. 8 красная линия текущих значений площади, занятой во-

дами Цусимского течения, пересекла серую линию среднемноголетних значений в этот момент. В дальнейшем также отмечался резкий рост интенсивности с более северным, чем обычно, проникновением в Татарский пролив к началу октября. Кроме того, интенсификация затоков теплых вод увеличивала контрастность мезомасштабных фронтов в районе промысла. Эти факторы способствовали наилучшим условиям для образования плотных скоплений кальмара в районе. Уловы в конце сентября — начале октября достигали рекордных величин: промышленные — 6–7 т/шхуну в сутки, у рыбаков-любителей — 278 экз./чел. в час. Впервые в начале ноября отмечалось большое количество молоди кальмара весенне-летней группировки, не характерное в это время для Татарского пролива.

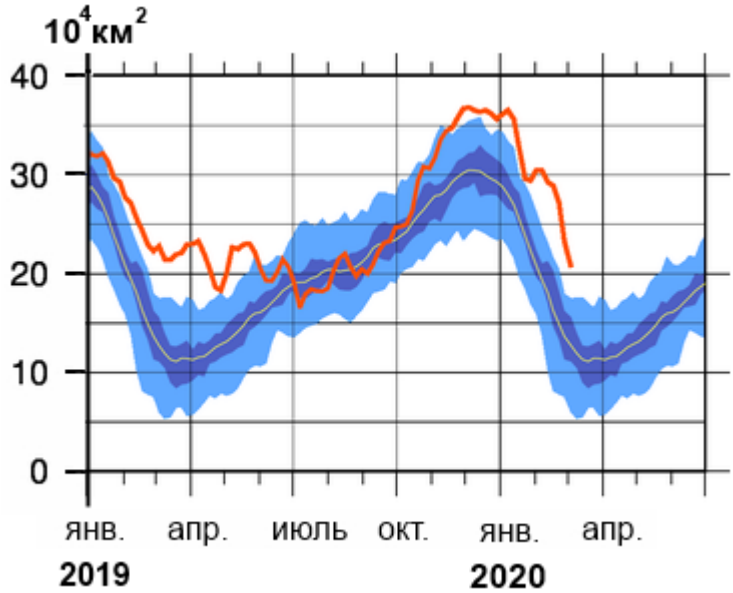

Рис. 8. Интенсивность Цусимского течения в Японском море в 2019 г., определяемая как площадь области с температурой воды на глубине 100 м ≥ 10 °С/км^2 [http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/db/kaikyo/tsushima/tsushima_area.html 07.04.2020]. *Красная линия* — текущее значение, *серая* — среднемноголетние значения, *темно-синий цвет* — диапазон изменчивости за исключением его верхней и нижней трети, *голубой цвет* — диапазон изменчивости за исключением его верхней 1/10 и нижней 1/10 частей за период с 1982 по 2010 г.

Fig. 8. Variations of the Tsushima Current intensity in 2019 (*red line*). The index of intensity is the area within the Japan Sea at 100 m depth with water temperature ≥ 10 °C, km^2 [http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/db/kaikyo/tsushima/tsushima_area.html 07.04.2020]. *Gray line* — climatological value of the index for 1982–2010; *dark blue shading* — 1/3 range of the index variability; *light blue shading* — 8/10 range of the index variability in the same period

Усиление интенсивности ветвей Цусимского течения не раз отмечалось океанологами, в частности в 2003 и 2016 гг. [Дьяков, 2003; Никитин и др., 2018]. Таким образом, перераспределению скоплений кальмара из южной части Японского моря в СЗТП благоприятствовали и течения.

Известно, что повышение температуры и усиление питания увеличивают скорость роста и массы пойкилотермных организмов [Бретт, 1983; Zeidberg et al., 2006]. Важнейшую часть рациона *T. pacificus* составляет зоопланктон, прежде всего ракообразные (гипериды и эвфаузииды), — до 51 % [Долганова, Мокрин, 1999; Мокрин, 2006]. Существует статистически значимая связь между уловами кальмара и биомассой зоопланктона в Японском море ($r = 0,82–0,86$, $p < 0,001$) [Kang et al., 2002]. Считается, что именно морские ракообразные, богатые липидами и медью, восполняют потребность в этих компонентах у головоногих [Villanueva et al., 2017]. Ранние исследования

японских специалистов показали, что повышенные биомассы планктона приурочены к температурам воды 13–18 °С [по: Шунтов, 1964], которые мы наблюдаем на протяжении всего промыслового периода в районе в течение последних лет (см. рис. 8). Соответственно, вслед за кормовым зоопланктоном распределяются различные промысловые виды рыб, молодь кальмара [Кляшторин, Любушин, 2005]. Значительную часть рациона кальмара составляют его собственная молодь — до 48 % — и пелагические рыбы — до 25 % [Okiyama, 1965; Долганова, Мокрин, 1999]. Молодые кальмары весенне-летней группировки с длиной мантии не более 100 мм ежегодно в течение трех лет отмечаются в большом количестве в Татарском проливе, становясь жертвами каннибализма. Следует полагать, что увеличение средних размеров и индивидуальной массы тихоокеанского кальмара в СЗТП обусловлено не только оптимально высокими температурами воды, как отмечено выше, но и, вероятно, обилием корма.

Итак, изменения в характере распределения и объемах уловов тихоокеанского кальмара в репродуктивной и нагульной частях ареала обусловлены комплексом взаимосвязанных факторов. Во-первых, повышение температур воды выше оптимальных для нереста в репродуктивной части ареала ведет к ухудшению условий воспроизводства вида и общему снижению его численности. Во-вторых, общий процесс потепления вод приводит к противоположным результатам в нагульной части ареала, в частности в СЗТП, где в последние годы формируются условия температурного оптимума для миграции кальмара, благодаря чему области формирования его повышенных концентраций смещаются из южной части Японского моря в северную. Миграциям вида в СЗТП способствует усиление интенсивности Цусимского течения и его ветви, которая проникает в Татарский пролив. Помимо прочего, увеличение температуры в нагульной части ареала обусловливает достижение кальмарами бóльших индивидуальных размеров и массы, чем в более холодные годы. Успешному нагулу, вероятно, благоприятствует и массовое развитие кормовых организмов, также связанное с потеплением. В комплексе эти факторы обеспечивают стабильность состояния ресурсов тихоокеанского кальмара в СЗТП. Следует предполагать, что наступление «теплой» климатической эпохи [Хен и др., 2019] обеспечит сохранение описанного выше положения по крайней мере на ближайшие годы, что дает основания прогнозировать хорошие перспективы промысла кальмара в районе.

Перспективы развития промысла в СЗТП. Тем не менее ситуация с развитием промысла тихоокеанского кальмара в СЗТП неоднозначна. Крайне небольшие объемы добычи не лимитируются состоянием запаса и могут быть многократно увеличены. Растущее в последние годы количество шхун на промысле (см. рис. 2) свидетельствует о заинтересованности рыбопромысловых организаций в добыче кальмара. В то же время инертность рыбаков остается серьезным препятствием к увеличению добычи: как правило, она организована весьма экстенсивно. Так, данные, полученные авторами с 2009 по 2015 г., свидетельствуют, что джиггерные уловы кальмара статистически значимо возрастают с юга на север района исследования ($\alpha = 11{,}0 \pm 2{,}8$ экз./чел./час, $r^2 = 0{,}1$, $p = 0{,}0001$). Среднемноголетние величины любительских джиггерных уловов в южной части рассматриваемого района составляли 11 ± 2 экз./чел./час, в то время как на севере 27 ± 3 экз./чел./час. Любительские и промышленные джиггерные уловы хорошо скоррелированы и не имеют между собой статистически значимых различий ($r = 0{,}79$, $p = 0{,}04$). Это позволяет использовать результаты любительского лова для оценки перспектив промышленного и дает основание рекомендовать развитие промысла на севере района как оптимум на участке между 49º30’ и 50º00’ с.ш. Однако на деле основной промысел традиционно сосредоточен в ближайших окрестностях зал. Советская Гавань, а на север района шхуны ходят редко (см. рис. 1): ни перспектива более высоких уловов, ни, тем более, организация экспедиционного промысла рыбаков не привлекают. Кооперация и обмен данными о промысловой обстановке способствуют эффективному поиску массовых скоплений кальмара и общему увеличению его уловов. Однако в Хабаровском крае конкурентные взаимоотношения между промышленни-

ками традиционно не позволяют им договориться между собой о совместной работе. Далее, бывшие в употреблении шхуны возрастом не менее 20 лет имеют, как правило, устаревшее техническое оснащение. В настоящее время на судах, ведущих лов на свет, широко используют современное светодиодное осветительное оборудование, которое позволяет значительно увеличить эффективность лова. Однако в СЗТП все промысловые кальмароловные шхуны оборудованы старыми галогенными лампами.

В 2016 г. в СЗТП был успешно опробован лов кальмара при помощи близнецового трала. Промысел вели двумя судами класса МРТ китайской постройки с мощностью главного двигателя 1300 л.с. Трал китайского производства имел вертикальное раскрытие 35 м, горизонтальное — 150 м, шаг ячеи — 30 мм. Средняя скорость траления была 4 уз. Уловы составляли до 23 т за траление. В среднем выполнялось по два траления в сутки продолжительностью 4 ч. Близнецовый лов кальмара в районе проводился впервые, поэтому работа была плохо организована. Тем не менее среднесуточный вылов на каждое судно составлял 6 т, т.е. на порядок больше ярусных уловов кальмароловных шхун. Несмотря на весьма оптимистичные результаты, продолжения близнецового лова тихоокенского кальмара в СЗТП до сих пор не последовало.

Итак, в целом развитие промысла кальмара в северо-западной части Татарского пролива имеет хорошие перспективы, однако для их реализации необходимо:

1) смещение основных участков промысла на 50–100 км к северу от зал. Советская Гавань;

2) развитие кооперации между участниками промысла для организации совместного лова;

3) техническое перевооружение шхун, в том числе использование светодиодных осветительных приборов;

4) развитие близнецового лова кальмара.

Выводы

Для решения задач индикации состояния запаса тихоокеанского кальмара в СЗТП лучше всего подходят величины вылова на усилие (экз./леб./час и т/суд./сут), которые могут служить, соответственно, показателями его относительной численности и биомассы.

Несмотря на сокращение численности и уловов тихоокеанского кальмара в южной части Японского моря, состояние ресурсов и промысла тихоокеанского кальмара в СЗТП остается стабильным. Некоторое снижение показателя относительной численности в последние годы не привело к снижению показателя относительной биомассы, поскольку уменьшение количества особей в уловах было восполнено ростом их индивидуальной массы.

Изменение климатического режима по-разному влияет на популяцию *T. pacificus* в репродуктивной (южная часть Японского моря) и нагульной (СЗТП) частях ареала вида. В южной части моря температура поверхностных вод превышает оптимальную для размножения и развития кальмара, что приводит к общему снижению его численности. В северной части моря, в СЗТП, наоборот, складываются условия температурного оптимума для образования промысловых скоплений вида. Массовым миграциям в этот район способствуют усиление интенсивности Цусимского течения, ветвь которого проникает в Татарский пролив, и, вероятно, развитие кормовой базы.

Развитие промысла тихоокеанского кальмара в СЗТП имеет хорошие перспективы на ближайшие годы. Оно возможно при условиях налаживания кооперации между рыбаками, освоения перспективных для промысла участков, технического перевооружения шхун и освоения новых для района способов добычи, в частности близнецового тралового лова.

Благодарности

Авторы благодарят руководителей рыбопромысловых организаций Хабаровского края за предоставленную ценную информацию, ведущего специалиста ТИНРО Ю.Д.

Сорокина за помощь в работе с базами данных по температуре воды, а также к.б.н. В.В. Свиридова (ХабаровскНИРО) за помощь в визуализации картографических данных. Особая благодарность к.б.н. Н.М. Мокрину (ТИНРО) за предоставленные сведения о промысле кальмара в южной части Японского моря. Авторы искренне признательны анонимному рецензенту за полезные и конструктивные замечания.

Финансирование работы

Результаты настоящего исследования были получены в рамках выполнения государственного задания ФГБНУ «ВНИРО».

Соблюдение этических стандартов

Все применимые этические принципы соблюдены. Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Список литературы

Бретт Д.Р. Глава 5. Факторы среды и рост // Биоэнергетика и рост рыб. — М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1983. — С. 275–345.

Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. 8 : Японское море; вып. 1 : Гидрометеорологические условия / под ред. А.С. Васильева, Ф.С. Терзиева, А.Н. Косарева. — СПб. : Гидрометеоиздат, 2003. — 400 с.

Долганова Н.Т., Мокрин Н.М. Питание тихоокеанского кальмара *Todarodes pacificus* Steenstrup, 1880 (Cephalopoda, Ommastrephidae) в Японском море в летний период // Зоол. журн. — 1999. — Т. 78, № 9. — С. 1048–1058.

Дударев В.А., Байталюк А.А., Мокрин Н.М., Шелехов В.А. Современное состояние сырьевой базы рыболовства в северо-западной части Японского моря // Вопр. рыб-ва. — 2004. — Т. 5, № 3(19). — С. 405–417.

Дьяков Б.С. Влияние циркуляции вод на пространственное распределение промысловых скоплений тихоокеанского кальмара в Японском море // Изв. ТИНРО. — 2003. — Т. 134. — С. 258–265.

Дьяков Б.С., Матвеев В.И. Результаты мониторинга океанологических условий в северо-западной части Японского моря в 2015–2017 гг. // Тр. ВНИРО. — 2017. — Т. 169. — С. 72–90.

Зуев Г.В., Несис К.Н. Кальмары (биология и промысел) : моногр. — М. : Пищ. пром-сть, 1971. — 360 с.

Кляшторин Л.Б., Любушин А.А. Циклические изменения климата и рыбопродуктивности : моногр. — М. : ВНИРО, 2005. — 235 с.

Кляшторин Л.Б., Сидоренков Н.С. Долгопериодные климатические изменения и флюктуации численности пелагических рыб Пацифики // Изв. ТИНРО. — 1996. — Т. 119. — С. 33–54.

Млынар Е.В. Современное состояние и перспективы промысла тихоокеанского кальмара в северной части Японского моря (Татарский пролив) // Вестн. СВНЦ ДВО РАН. — 2009. — № 1. — С. 42–49.

Млынар Е.В., Немченко А.Ю. Тихоокеанский кальмар *Todarodes pacificus* в северо-западной части Татарского пролива // Методические и прикладные аспекты рыбохозяйственных исследований на Дальнем Востоке : сб. науч. тр. — Хабаровск : Хабаровск. кн. изд-во, 2003. — С. 163–169.

Мокрин Н.М. Экология и перспективы промысла тихоокеанского кальмара *Todarodes pacificus* в Японском море : автореф. дис. … канд. биол. наук. — Владивосток, 2006. — 21 с.

Мокрин Н.М., Никитин А.А. Использование спутниковой информации для определения сроков и путей миграции тихоокеанского кальмара в Японском море // География Мирового океана на службе рационального использования морских ресурсов : тез. докл. 4-й Всесоюз. конф. по географии Мирового океана. — Л., 1989. — С. 118.

Никитин А.А., Дьяков Б.С., Капшитер А.В., Нуждин В.А. Исследование океанологических условий в северо-западной части Японского моря в весенние сезоны 2000–2017 гг. // Тр. ВНИРО. — 2018. — Т. 173. — С. 119–136.

Ростов И.Д., Рудых Н.И., Ростов В.И., Воронцов А.А. Проявления глобальных климатических изменений в прибрежных водах северной части Японского моря // Вестн. ДВО РАН. — 2016. — № 5. — С. 100–112.

Устинова Е.И., Сорокин Ю.Д. Сравнительная оценка баз данных о температуре поверхности океана, используемых для дальневосточных морей // Математическое моделирование и информационные технологии в исследованиях биоресурсов Мирового океана : мат-лы отраслевого семинара. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2013. — С. 83–86

Хен Г.В., Устинова Е.И., Сорокин Ю.Д. Изменчивость и взаимосвязь основных климатических индексов для северной части Тихого океана: тренды, климатические сдвиги, спектры, корреляции // Изв. ТИНРО. — 2019. — Т. 199. — С. 163–178. DOI: 10.26428/1606-9919-2019-199-163-178.

Шевцов Г.А. Инструкция по сбору и определению видов промысловых кальмаров в Тихом океане. — Владивосток : ТИНРО, 1971. — 10 с.

Шевцов Г.А. Особенности распределения особей различных популяций кальмара *Todarodes pacificus* Steenstrup в Японском море в летний период. // Всесоюз. науч. конф. по использованию пром. беспозв. на пищевые, кормовые и технические цели : тез. докл. — М. : ВНИРО; ИНБЮМ; ВГБО, 1977. — С. 107–108.

Шунтов В.П. Распределение и миграции тихоокеанского кальмара (Ommatostrephes sloanei — pacificus Steenstrup) в Японском море // Изв. ТИНРО. — 1964. — Т. 55. — С. 147–156.

Шунтов В.П., Иванов О.А. Климатические изменения и современное состояние биоты российских вод дальневосточных морей // Изв. ТИНРО. — 2019. — Т. 197. — С. 83–107. DOI: 10.26428/1606-9919-2019-197-83-107.

Agnew D.J., Hill S., Beddington J.R. Predicting the recruitment strength of an annual squid stock: *Loligo gahi* around the Falkland Islands // Can. J. Fish. Aquat. Sci. — 2000. — Vol. 57. — P. 2479–2487.

Arkhipkin A.I., Rodhouse P.G.K., Pierce G.J. et al. World Squid Fisheries // Rev. Fish. Sci. & Aquacul. — 2015. — Vol. 23, № 2. — P. 92–252.

Choi S., Kim D., Kim D. Present state and future prospect of Korean squid jigging fishery // Tech. Rep. Res. Inst. Fish. Eng. — 2002. — Vol. 24. — P. 1–13 (in Jap. with Eng. abstract).

Dawe E.G., Hendrickson L.C., Colbourne E.B. et al. Ocean climate effects on the relative abundance of short-finned (*Illex illecebrosus*) and long-finned (*Loligo pealeii*) squid in the northwest Atlantic Ocean // Fish. Oceanogr. — 2007. — Vol. 16, № 4. — P. 303–316.

Ishii M., Shouji A., Sugimoto S., Matsumoto T. Objective Analyses of Sea-Surface Temperature and Marine Meteorological Variables for the 20th Century using ICOADS and the Kobe Collection // Int. J. Climatol. — 2005. — № 25. — P. 865–879.

Jereb P., Roper C.F.E. (Eds.) Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of Cephalopod species known to date : FAO Species Catalogue for Fishery Purposes. — 2010. — Vol. 2, № 4. — 605 p.

Kang Y., Kim J., Kim H., Park J. Long-term changes in zooplankton and its relationship with squid, *Todarodes pacificus*, catch in Japan/East Sea // Fish. Oceanogr. — 2002. — Vol. 11, № 6. — P. 337–346.

Kurihara Y., Sakurai T., Kuragano T. Global daily sea surface temperature analysis using data from satellite microwave radiometer, satellite infrared radiometer and in-situ observations // Weath. Bull. — 2006. — Vol. 73, Spec. Iss. — P. 1–18 (in Jap.).

Miyahara K., Ota T., Kohno N. et al. Catch fluctuations of the diamond squid *Thysanoteuthis rhombus* in the Sea of Japan and models to forecast CPUE based on analysis of environmental factors // Fish. Res. — 2005. — Vol. 72. — P. 71–79. DOI: 10.1016/j.fishres.2004.10.013.

Okiyama M. On the feeding habit of the common squid, *Todarodes pacificus* Streenstrup, in the off-shore region of the Japan Sea // Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab. — 1965. — Vol. 14. — P. 31–41 (in Jap. with Eng. abstract).

Okutani T. *Todarodes pacificus* // Cephalopod Life Cycles. 1. Species Accounts. — L. : Academic Press Inc. Ltd, 1983. — P. 201–214.

Rosa A.L., Yamamoto J., Sakurai Y. Effects of environmental variability on the spawning areas, catch, and recruitment of the Japanese common squid, *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae), from the 1970s to the 2000s // ICES J. Mar. Sci. — 2011. — Vol. 68, № 6. — P. 1114–1121.

Saiki M. SST analysis for operational forecasting 10-day mean SST in the western North Pacific // Ret.WMO/ICSU World Clim. Res. Programme. — 1986. — № 9. — P. 1/11–1/12.

Sakurai Y., Bower JR., Nakamura Y. et al. Effect of temperature on development and survival of *Todarodes pacificus* embryos and paralarvae // Am. Malacol. Bull. — 1996. — Vol. 13. — P. 89–95.

Sakurai Y., Kidokoro H., Yamashita N. et al. Todarodes pacificus, Japanes common squid // Advances in squid Biology, Ecology and Fisheries. Part II. Oegopsid squids. — Nova Science Publishers, 2013. — P. 249–271.

Sakurai Y., Kiyofuji H., Saitoh S. et al. Changes in inferred spawning areas of *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) due to changing environmental conditions // ICES J. Mar. Sci. — 2000. — Vol. 57, № 1. — P. 24–30.

Villanueva R., Perricone V., Fiorito G. Cephalopods as predators: a short journey among behavioral flexibilities, adaptions, and feeding habits // Front. Physiol. — 2017. — Vol. 8. — P. 403–598.

Yu W., Chen X., Zhang Y., Yi Q. Response of winter cohort abundance of Japanese common squid Todarodes pacificus to the ENSO events // Acta Oceanol. Sin. — 2018. — Vol. 37, № 6. — P. 61–71.

Zeidberg L.D., Hamner W.M., Nezlin N.P., Henry A. The fishery on the California market squid, *Loligo opalescens* (Cephalopoda, Myopsida), from 1981–2003 // Fish. Bull. — 2006. — Vol. 104. — P. 46–59.

References

Brett, J.R., Environmental factors and growth, in *Fish Physiology*, vol. 8: *Bioenergetics and Growth*, Hoar, W.S., Randall, D.J., Brett, J.R., Eds., New York: Academic Press, 1979, vol. 10, pp. 599–675.

Gidrometeorologiya i gidrokhimiya morei. T. 8. Japonskoe more (Hydrometeorology and Hydrochemistry of Seas, vol. 8: Sea of Japan), Vasilyev, A.S., Terziev, F.S., Kosarev, A.N., Eds, St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 2003, no. 1,

Dolganova, N.T. and Mokrin, N.M., Feeding of Todarodes pacificus (Cephalopoda, Ommastrephidae) in the Sea of Japan in Summer, *Zool. Zh.*, 1999, vol. 78, no. 9, pp. 1048–1058.

Dudarev, V.A., Baytalyuk, A.A., Mokrin, N.M., and Shelekhov, V.A., The current state of the fishery resource base in the northwestern part of the Sea of Japan, *Vopr. Rybolov.*, 2004, vol. 5, no. 3(19), pp. 405–417.

Djakov, B.S., The impact of water circulation on the spatial distribution of Japanese flying squid commercial stocks in the Japan Sea, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2003, vol. 134, pp. 258–265.

Djakov, B.S. and Matveev, V.I., Results of monitoring of oceanological conditions in the northwestern Japan Sea in 2015–2017, *Tr. Vses. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2017, vol. 169, pp. 72–90.

Zuev, G.V. and Nesis, K.N., *Kal'mary (biologiya i promysel)* (Squid (biology and fishing)), Moscow: Pishchevaya Promyshlennost', 1971.

Klyashtorin, L.B. and Lyubushin, A.A., *Tsiklicheskiye izmeneniya klimata i ryboproduktivnosti* (Cyclic Changes in Climate and Fish Capacity), Moscow: VNIRO, 2005.

Klyashtorin, L.B. and Sidorenko, N.S., The long-term climatic changes and pelagic fish stock fluctuations in the Pacific, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1996, vol. 119, pp. 33–54.

Mlynar, E.V., The modern conditions and perspectives of fishing the Pacific squid Todarodes pacificus in the northern Japanese Sea (the Gulf of Tatary), *Vestn. Sev.-Vost. Nauch. Tsentra, Dal'nevost. Otd. Ross. Akad. Nauk*, 2009, no. 1, pp. 42–49.

Mlynar, E.V. and Nemchenko, A.Yu., Pacific squid Todarodes pacificus in the northwestern part of the Tatar Strait, in *Metodicheskiye i prikladnyye aspekty rybokhozyaystvennykh issledovaniy na Dal'nem Vostoke* (Methodological and applied aspects of fisheries research in the Far East), Khabarovsk: Khabarovskoye Knizhnoye Izd., 2003, pp. 163–169.

Mokrin, N.M., Ecology and prospects of fishing for the Pacific squid Todarodes pacificus in the Sea of Japan, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Vladivostok, 2006.

Mokrin, N.M. and Nikitin, A.A., The use of satellite information to determine the timing and routes of migration of Pacific squid in the Sea of Japan, in *Geografiya Mirovogo okeana na sluzhbe ratsional'nogo ispol'zovaniya morskikh resursov* (Geography of the World Ocean in the service of rational use of marine resources: abstracts. report 4th All-Union. conf. on the geography of the World Ocean), Leningrad, 1989 , pp. 118.

Nikitin, A.A., Djakov, B.S., Kapshiter, A.V., and Nuzhdin, V.A., A study of oceanographic conditions in the northwestern Japan Sea in the spring seasons 2000–2017, *Tr. Vseross. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2018, vol. 173, pp. 119–136.

Rostov, I.D., Rudykh, N.I., Rostov, V.I., and Vorontsov, A.A., Expressions of global climatic changes in coastal waters of the Northern part of the Sea of Japan, *Vestn. Dal'nevost. Otd. Ross. Akad. Nauk*, 2016, no. 5, pp. 100–112.

Ustinova, E.I. and Sorokin, Yu.D., Comparative assessment of databases on ocean surface temperature used for the Far Eastern seas, in *Matematicheskoye modelirovaniye i informatsionnyye*

tekhnologii v issledovaniyakh bioresursov Mirovogo okeana: mat-ly otrasl semin (Mathematical modeling and information technology in the study of biological resources of the oceans: industry workshop materials), Vladivostok: TINRO-tsentr, 2013, pp. 83–86

Khen, G.V., Ustinova, E.I., and Sorokin, Yu.D., Variability and interrelation of the basic climate indices for the North Pacific: trends, climate shifts, spectra, correlations, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2019b, vol. 199, pp. 163–178. doi 10.26428/1606-9919-2019-199-163-178

Shevtsov, G.A., *Instruktsiya po sboru i opredeleniyu vidov promyslovykh kal'marov v Tikhom okeane* (Instructions for the collection and identification of species of commercial squid in the Pacific), Vladivostok: TINRO, 1971.

Shevtsov, G.A., Peculiarities of distribution of individuals of various populations of the squid Todarodes pacificus Steenstrup in the Sea of Japan in summer, in *Vsesoyuz. nauch. konf. po ispol'zovaniyu prom. bespozv. na pishchevyye, kormovyye i tekhnicheskiye tseli* (All-Union. scientific. conf. on the use of prom. no call for food, feed and technical purposes: abstracts. Report), M.: VNIRO; INBYUM; VGBO, 1977.

Shuntov, V.P., Distribution and migration of Pacific squid (Ommatostrephes sloanei - pacificus Steenstrup) in the Sea of Japan, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1964, vol. 55, pp. 147–156.

Shuntov, V.P., and Ivanov, O.A., Climate Change and the Current Status of Biota in Russian Waters of the Far Eastern Seas, *Russ. J. Mar. Biol.* 2019, vol. 45, no. 7, pp. 495–510. doi 10.1134/S1063074019070058

Agnew, D.J., Hill, S., and Beddington, J.R., Predicting the recruitment strength of an annual squid stock: *Loligo gahi* around the Falkland Islands, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.,* 2000, vol. 57, pp. 2479–2487.

Arkhipkin, A.I., Rodhouse, P.G.K., Pierce, G.J., Sauer, W., Sakai, M., Allcock, L., Arguelles, J., Bower, J.R., Castillo, G., Ceriola, L., Chen, C.-S., Chen, X., Diaz-Santana, M., Downey, N., González, A.F., Amores, J.G., Green, C.P., Guerra, A., Hendrickson, L.C., Ibáñez, C., Ito, K., Jereb, P., Kato, Y., Katugin, O.N., Kawano, M., Kidokoro, H., Kulik, V.V., Laptikhovsky, V.V., Lipinski, M.R., Liu, B., Mariátegui, L., Marin, W., Medina, A., Miki, K., Miyahara, R., Moltschaniwskyj, N., Moustahfid, H., Nabhitabhata, J., Nanjo, N., Nigmatullin, Ch.M., Ohtani, T., Pecl, G., Perez, J.A.A., Piatkowski, U., Saikliang, P., Salinas-Zavala, C.A., Steer, M., Tian, Y., Ueta, Y., Vijai, D., Wakabayashi, T., Yamaguchi, T., Yamashiro, C., Yamashita, N., and Zeidberg, L.D., World Squid Fisheries, *Rev. Fish. Sci. & Aquacul.*, 2015, vol. 23, no. 2, pp. 92–252.

Choi, S., Kim, D., and Kim, D., Present state and future prospect of Korean squid jigging fishery, *Tech. Rep. Res. Inst. Fish. Eng.*, 2002, vol. 24, pp. 1–13 (in Jap. with Eng. abstract).

Dawe, E.G., Hendrickson, L.C., Colbourne, E.B., Drinkwater, K.F., and Showell, M.A., Ocean climate effects on the relative abundance of short-finned (*Illex illecebrosus*) and long-finned (*Loligo pealeii*) squid in the northwest Atlantic Ocean, *Fish. Oceanogr.*, 2007, vol. 16, no. 4, pp. 303–316.

Ishii, M., Shouji, A., Sugimoto, S., and Matsumoto, T., Objective Analyses of Sea-Surface Temperature and Marine Meteorological Variables for the 20th Century using ICOADS and the Kobe Collection, *Int. J. Climatol.*, 2005, no. 25, pp. 865–879.

Jereb, P. and Roper, C.F.E., (eds.) Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of Cephalopod species known to date, *FAO Species Catalogue for Fishery Purposes*, 2010, vol. 2, no. 4.

Kang, Y., Kim, J., Kim, H., and Park, J., Long-term changes in zooplankton and its relationship with squid, *Todarodes pacificus*, catch in Japan/East Sea, *Fish. Oceanogr.*, 2002, vol. 11, no 6, pp. 337–346.

Kurihara, Y., Sakurai, T., and Kuragano, T., Global daily sea surface temperature analysis using data from satellite microwave radiometer, satellite infrared radiometer and in-situ observations, *Weath. Bull.*, 2006, vol. 73, Spec. Iss., pp. 1–18 (in Jap.).

Miyahara, K., Ota, T., Kohno, N., Ueta, Y., and Bower, J., Catch fluctuations of the diamond squid *Thysanoteuthis rhombus* in the Sea of Japan and models to forecast CPUE based on analysis of environmental factors, *Fish. Res.*, 2005, vol. 72, pp. 71–79. doi 10.1016/j.fishres.2004.10.013

Okiyama, M., On the feeding habit of the common squid, *Todarodes pacificus* Streenstrup, in the off-shore region of the Japan Sea, *Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab.,* 1965, vol. 14, pp. 31–41 (in Jap. with Eng. abstract).

Okutani, T., *Todarodes pacificus,* in *Cephalopod Life Cycles. 1. Species Accounts*, L.: Academic Press Inc. Ltd, 1983, pp. 201–214.

Rosa, A.L., Yamamoto, J., and Sakurai, Y., Effects of environmental variability on the spawning areas, catch, and recruitment of the Japanese common squid, *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae), from the 1970s to the 2000s, *ICES J. Mar. Sci.,* 2011, vol. 68, no. 6, pp. 1114–1121.

Saiki, M., SST analysis for operational forecasting 10-day mean SST in the western North Pacific, *Ret.WMO/ICSU World Clim. Res. Programme*, 1986, no. 9. pp. 1/11–1/12.

Sakurai, Y., Bower, JR., Nakamura, Y., Yamamoto, S., and Watanabe, K., Effect of temperature on development and survival of *Todarodes pacificus* embryos and paralarvae, *Am. Malacol. Bull.*, 1996, vol. 13, pp. 89–95.

Sakurai, Y., Kidokoro, H., Yamashita, N., Yamamoto, J., Uchikawa, K., and Takahara, H., Todarodes pacificus, Japanes common squid, in Advances in squid Biology, Ecology and Fisheries. Part II. Oegopsid squids, Nova Science Publishers, 2013, pp. 249–271.

Sakurai, Y., Kiyofuji, H., Saitoh, S., Goto, T., and Hiyama, Y., Changes in inferred spawning areas of *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) due to changing environmental conditions, *ICES J. Mar. Sci.,* 2000, vol. 57, no. 1, pp. 24–30.

Villanueva, R., Perricone, V., and Fiorito, G., Cephalopods as predators: a short journey among behavioral flexibilities, adaptions, and feeding habits, Front. Physiol., 2017, vol. 8, pp. 403–598.

Yu, W., Chen, X., Zhang, Y., and Yi, Q., Response of winter cohort abundance of Japanese common squid Todarodes pacificus to the ENSO events, Acta Oceanol. Sin., 2018, vol. 37, no. 6, pp. 61–71.

Zeidberg, L.D., Hamner, W.M., Nezlin, N.P., and Henry, A., The fishery on the California market squid, *Loligo opalescens* (Cephalopoda, Myopsida), from 1981–2003, *Fish. Bull.,* 2006, vol. 104, pp. 46–59.

Hammer, Ø., *PAST: Paleontological statistics. Version 3.20. Reference manual*, Oslo: Natural History Museum. Univ. of Oslo, 1999–2018.

Поступила в редакцию 27.05.2020 г.

После доработки 18.08.2020 г.

Принята к публикации 20.08.2020 г.