

УДК 574.583: 597.4/5

## Промысловые виды и их биология

# О нересте субтропических видов рыб в юго-восточной части Татарского пролива (по материалам 2025 г.)

О.Н. Мухаметова

Сахалинский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («СахНИРО»), ул. Комсомольская, 196, Южно-Сахалинск, 693023

E-mail: muhametovaon@sakhniro.vniro.ru

SPIN-код: О.Н. Мухаметова – 4924-2367

**Цель:** анализ ихтиопланктона и характеристика икры и личинок мигрирующих субтропических видов рыб.

**Методы:** ихтиопланктонные сборы, обработанные по общепринятым в РФ методикам.

**Новизна:** впервые после более чем 70-летнего перерыва получены данные по нересту скумбрии в юго-восточной части Татарского пролива. Нерест сардиньи в данном районе зарегистрирован впервые.

**Результаты:** в мае – первой половине июля ихтиопланктон был представлен типичными для района видами, преимущественно представителями семейства камбаловых. В третьей декаде июля резидентные виды рыб были замещены видами субтропического комплекса – японской скумбriей и дальневосточной сардиной. Их нерест стал возможен в результате увеличения численности популяций и формирования благоприятных температурных условий у северных границ ареала. Доминировали икра и личинки скумбрии. По результатам обловов разными сетями средняя численность икры скумбрии составляла 16,9-20,6 экз./м<sup>2</sup>, личинок – 1,3-1,9 экз./м<sup>2</sup>. Размеры икры и личинок скумбрии в 2025 г. были меньше, чем в 40-е годы прошлого столетия, что может быть следствием действия материнского эффекта. Доля нежизнеспособных икринок составляла 27%. Сардина была представлена только икрой со средней численностью 2,5-3,1 экз./м<sup>2</sup>. Патологии были отмечены у 8% эмбрионов.

**Практическая значимость:** икра и личинки субтропических рыб являются индикаторами потепления вод Татарского пролива и современных экосистемных перестроек в летней ихтиофауне района. Данные о расширении репродуктивной части их ареала могут быть учтены в прогнозных оценках и рекомендациях по промыслу, а также в планировании специализированных исследований раннего онтогенеза мигрантов.

**Ключевые слова:** о. Сахалин, сардина, скумбria, стадии развития, температура.

## Eggs and larvae of subtropical fishes in the southeastern part of the Tatar strait in 2025

Olga N. Mukhametova

Sakhalin branch of VNIRO («SakhNIRO»), 196, Komsomolskaya, Yuzhno-Sakhalinsk, 693023, Russia

**The aim:** analysis of ichthyoplankton and characteristics of eggs and larvae of migrating subtropical species.

**Methods:** Ichthyoplankton samples, processed using generally accepted methods in the Russian Federation.

**Innovations:** data on chub mackerel spawning in the southeastern part of the Tatar Strait has been obtained for the first time after more than 70 years absence. Pacific sardine spawning has been recorded in study area for the first time.

**Results:** from May to the first half of July, ichthyoplankton was composed by typical species for study area, mainly by Pleuronectidae. In the third decade of July, resident species were replaced by species of subtropical complex – chub mackerel and Pacific sardine. Their spawning became possible as a result of increase in population abundance and formation of optimal temperature conditions at the northern boundary of areal. Mackerel eggs and larvae were predominant. Based on catches by different nets, the average density of mackerel eggs was 16.9-20.6 ind./m<sup>2</sup>, density of mackerel larvae was 1.3-1.9 ind./m<sup>2</sup>. The sizes of mackerel eggs and larvae in 2025 were smaller than in the 1940s, which may be due to the maternal effect. The proportion of non-viable eggs was 27%. Sardine was presented only by eggs with average density of 2.5-3.1 ind./m<sup>2</sup>. The proportion of embryonic pathologies was 8%.

**Practical significance:** eggs and larvae of subtropical fishes are indicators of the Tatar Strait warming and current ecosystem changes in summer ichthyofauna of this area. Information about extension of reproductive area can be taken into account in forecast assessments, recommendations for fishery as well as in the planning of specialized scientific projects in early ontogeny of migrants.

**Keywords:** Sakhalin Island, chub mackerel, Pacific sardine, stages of development, temperature.

## ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в российском секторе Японского моря, в том числе в Татарском проливе сохраняется тренд на повышение температуры воды [Хен и др., 2020; Шевченко, Ложкин, 2023]. Потепление вод отражается на структуре ихтиофауны. Эти изменения наиболее заметны в тёплый период года, когда в пролив проникают субтропические мигранты. К наиболее массовым и широко распространённым можно отнести японского анчоуса *Engraulis japonicus* Temminck & Schlegel, 1846, дальневосточную сардину *Sardinops melanosticta* (Temminck & Schlegel, 1846) и японскую скумбрию *Scomber japonicus* Houttuyn 1782 [Великанов, 2006; Великанов и др., 2017; Байтюк, Радченко, 2024]. Масштабы и протяжённость нагульно-нерестовых миграций тепловодных видов зависят от ряда факторов, наиболее важными из которых являются температура воды и численность рыб [Беляев, 1986; Bai et al., 2022]. Некоторые виды не только нагуливаются, но и размножаются в более продуктивных северных районах [Дехник, 1959; Мухаметова, 2004]. Если о нагульных миграциях субтропических видов в Татарский пролив информация эпизодически появляется [Новиков, 1979; Великанов и др., 2025], то сведений о распределении и численности их икры и личинок на севере ареала значительно меньше. В то же время, обнаружение ранних стадий развития анчоуса, скумбрии, сардины свидетельствует не только о формировании благоприятных условий для нагула, но и для воспроизводства, а, следовательно, даёт представление о расширении репродуктивной части ареала, что важно для понимания процессов пополнения и колебаний численности популяций этих мелких, сильно флюктуирующих стайных пелагических видов. Данные о нересте тепловодных представителей не менее важны для изучения перестроек в составе ихтиофауны в связи с процессами глобального потепления, которые могут привести к изменению ресурсной базы рыбодобывающей промышленности.

Рост температуры поверхности моря (ТПМ) в Татарском проливе позволяет предположить, что миграции тепловодных представителей ихтиофауны в данный район будут всё более регулярными. При устойчивых положительных аномалиях, наблюдавшихся в 2025 г., можно было ожидать не только нагульных подходов субтропических рыб, но и нереста на участках с подходящими условиями. К таким участкам относится юго-восточная часть Татарского пролива между 46 и 48° с. ш., находящаяся под постоянным действием тёплого Цусимского течения [Дьяков,

2011], что обусловило выбор полигона для мониторинга у юго-западного побережья о. Сахалин в районе 47° с. ш. Исследования нереста проще всего проводить при помощи ихтиопланктонных съёмок, которые позволяют оперативно отслеживать изменения в репродуктивной части пелагифилов, к которым относится большинство стайных видов из южных широт.

Цель представляющей работы – анализ состава ихтиопланктона в весенне-летний период и получение данных о распределении, численности и характеристиках икры и личинок рыб субтропического комплекса на исследуемом полигоне в юго-восточной части Татарского пролива.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

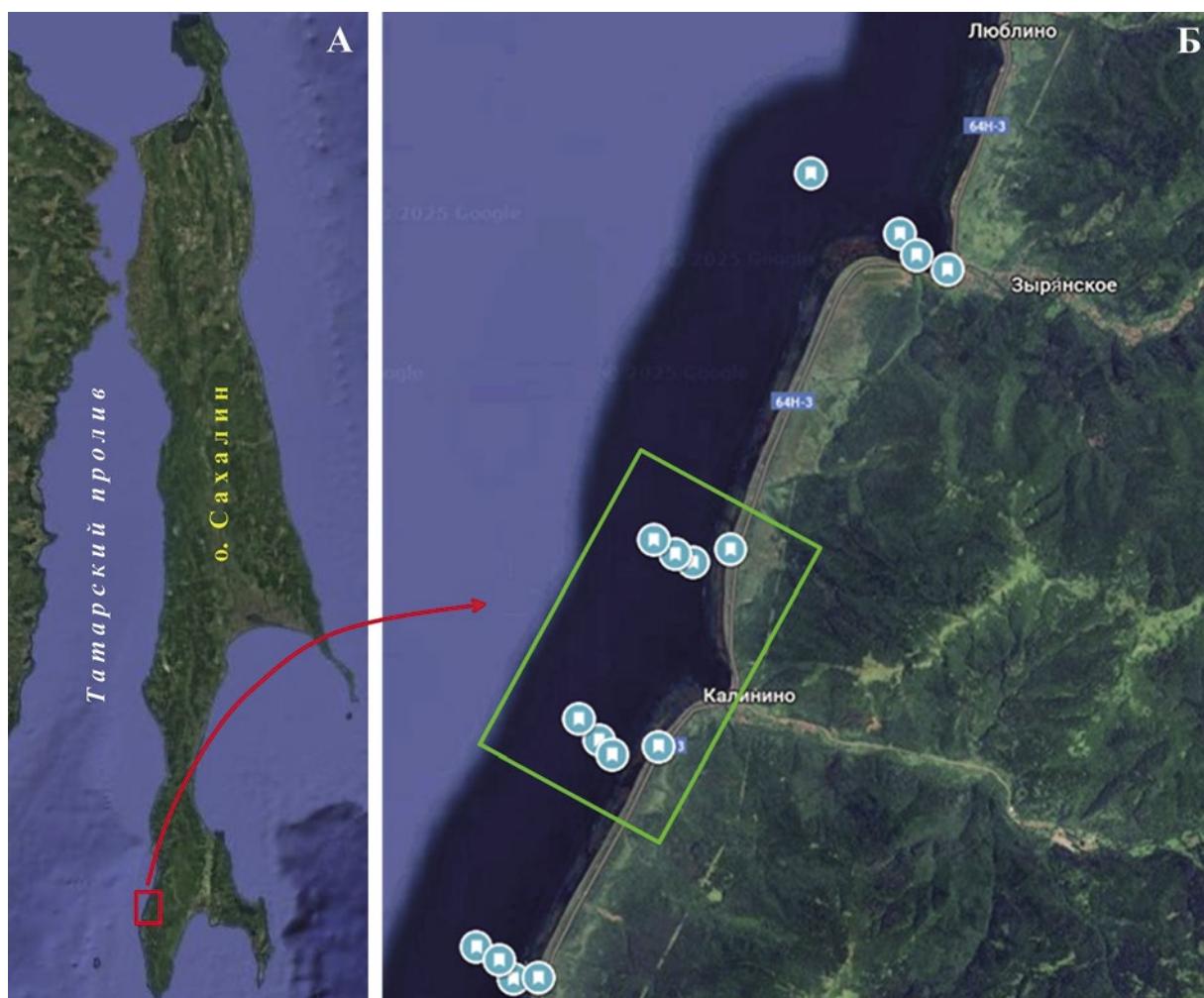
Пробы ихтиопланктона отбирали в мае – июле в 2025 г. от уреза воды до глубины 20 м в юго-восточной части Татарского пролива на прибрежном полигоне площадью около 6,8 км<sup>2</sup>, расположенному между 46°50'23" и 46°54'22". Отбор и обработку проб производили по общепринятым российским методикам [Расс, Казанова, 1966]. На каждом из четырёх разрезов точки отбора были расположены у уреза воды (глубина около 0,3 м) и на изобатах 5, 10 и 20 м. На глубинах 5-20 м пробы отбирали с борта надувной моторной лодки икорной конической сетью ИКС-50 (площадь входного отверстия 0,2 м<sup>2</sup>, размер ячей 0,35 мм) в слое от дна до поверхности. У уреза воды через сеть проливали 100 л воды. Один раз в сезон – весной (вторая декада мая) и летом (третья декада июля) отбор проб выполняли на четырёх разрезах. Декадные съёмки включали только два центральных разреза (рис. 1).

В третьей декаде июля при обнаружении икры и личинок субтропических видов рыб дополнительно были просмотрены пробы зоопланктона, полученные при помощи вертикальных подъёмов большой сети Джеди (БСД), из которых также были выбраны икринки и личинки рыб. Площадь входного отверстия БСД 0,1 м<sup>2</sup>, ячей газа 0,16 мм. Точки отбора зоопланктона совпадали с точками отбора ихтиопланктона. Отбор зоопланктона осуществляли таким же способом, как и ихтиопланктона, – вертикальным подъёмом сети от дна до поверхности.

Суммарно были обработаны 72 пробы, собранные ИКС-50 и 14 проб, собранных БСД (табл. 1).

При отборе проб на каждой станции зондом YSI измеряли температуру и солёность от поверхности до дна с дискретностью 1 м.

Пробы просматривали под бинокуляром Olympus SZX10. Измерения производили при помощи окуляр-микрометра. Численность икры и личинок определяли



**Рис. 1.** Район исследований (А) и схема ихтиопланктонных станций (Б) (Картографические данные Google<sup>1</sup>). Зелёным маркером выделены декадные разрезы

**Fig. 1.** The study area (A) and scheme of ichthyoplankton sampling (B) (Google Maps data<sup>1</sup>). The decadal sections are outlined with a green marker

**Таблица 1.** Количество проб, собранных в 2025 г. и включённых в анализ

**Table 1.** Number of samples collected in 2025 and included in the analysis

Месяц	Декада	Пробы, шт.	
		ИКС-50	БСД
Май	2	16	–
	3	8	–
Июнь	1	8	–
	2	8	–
Июль	3	8	–
	1	8	–
	3	16	14
	Всего	72	14

под 1 м<sup>2</sup> площади поверхности, исходя из площади входного отверстия сетей.

Стадии развития икры определяли по схеме, принятой в рыбохозяйственных исследованиях с уточнением деталей по специализированным публикациям для рассматриваемых видов [Расс, Казанова, 1966; Kim et al., 2008]. При выявлении эмбриональных патологий ориентировались на описания нормального развития и известных в раннем онтогенезе рыб патологий [Давыдова, 1994].

Для сравнения количественной структуры ихтиопланктона, полученной по уловам ИКС-50 и БСД, использовали индекс Чекановского-Сёренсена [Песенко, 1982].

$$K_2 = \sum_{i=1}^N \min(a_i^1, a_i^2),$$

<sup>1</sup> <https://www.google.com/maps/place/Sakhalin>. 27.09.2025

где  $a^1_i, a^2_i$  – численность  $i$ -го видов в процентах от общей численности в двух сравниваемых биоценозах;  $N$  – общее число видов.

Различия между численностью икры сардины и икры и личинок скумбрии, учтенных разными сетями, оценивали с применением двухвыборочного  $t$ -теста с одинаковыми дисперсиями в пакете Анализ данных (Microsoft Excel).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Условия среды в Татарском проливе в 2025 г.

В 2025 г. северная часть Японского моря характеризовалась значительными положительными аномалиями температуры воды. В мае к северу от 39-й параллели прогрев шёл очень быстро, и на отдельных участках поверхности температура на 3 °C превышала среднемноголетние значения. В июне рост ТПМ ускорился до 2-3 °C за декаду [Термические условия ..., 2025<sup>2</sup>]. Уже в первой декаде июня ТПМ в юго-восточной части Татарского пролива соответствовала среднемноголетней величине (8,7 °C), характерной в целом для данного месяца, а в третьей декаде июля превышала среднемноголетнюю величину (15,6 °C) самого тёплого месяца в году – августа [Стасюк, 2023<sup>3</sup>]. В июле поверхностная температура продолжала ежедекадно увеличиваться на 1-2 °C, и к третьей декаде месяца возросла до 16-18 °C [Декадные (десидневные) ..., 2025<sup>4</sup>].

В юго-восточной части Татарского пролива у побережья о. Сахалин положительные аномалии ТПМ начали регистрировать с января, что было связано со слабым охлаждением вод в осенне-зимний период [Термические условия ..., 2025<sup>2</sup>]. Анализ спутниковой информации показывал устойчивые положительные температурные аномалии в течение всего периода исследований ихтиопланктона, максимальные величины которых приходились на июнь. Высокие положительные аномалии сохранялись и в первой декаде

июля [Месячные аномалии ТПО ..., 2025; Декадные распределения ТПО ..., 2025<sup>5,6</sup>].

На исследуемом полигоне с середины мая до первой декады июня средняя температура держалась на уровне 7,1-7,9 °C, с максимумом во второй декаде мая. Ко второй декаде июня произошло увеличение температуры сразу на 4,4 °C – до 12,3 °C. В первой декаде июля прогрев немного замедлился, вариабельность температуры существенно возросла. Резкое увеличение – на 7,2 °C, произошло в третьей декаде июля. В этот период средняя температура достигла 19,8 °C (рис. 2 А).

В поверхностном и придонном слое термические условия различались. На поверхности наблюдался устойчивый рост температуры в течение всего периода. В третьей декаде июля средняя температура достигла 20,84 °C. В придонном слое глубже 15 м наблюдалась значительная вариабельность величин. С середины к концу мая на горизонте 15-20 м произошло снижение температуры с 7,6 °C до 4,7 °C. В первой декаде июня придонная температура оставалась на уровне 5,9 °C. После увеличения до 9,9-10,9 °C к первой декаде июля в результате вторжения холодных вод температура опустилась до 4,0 °C. Но к третьей декаде июля ситуация также резко изменилась. Средняя температура придонного слоя достигла очень высокой величины – 17,3 °C.

Вариации солёности были невелики в течение всего периода исследований. В поверхностном слое средние значения возрастили с 31,8-32,6 PSU в мае, когда пресноводный сток был максимальным, до 32,9-33,1 PSU в июне–июле. В придонном слое 15-20 м наблюдалась сходная динамика при незначительно более высоких величинах – от 32,9 PSU в середине мая до 33,1-33,9 PSU в июне – июле (см. рис. 2).

Таким образом, в 2025 г. предпосылки для формирования субтропического ихтиопланктонного комплекса в Татарском проливе имели как региональный, так и локальный характер. Район исследований, с одной стороны, находится в зоне высокой частоты флюктуаций температурных аномалий. С другой стороны, весной и летом в данном районе проявляется отепляющее действие Цусимского течения, которое, несмотря на межгодовые вариации, позволяет выделить участок юго-восточной части Татарского пролива к югу от 48° с. ш. как зону тё-

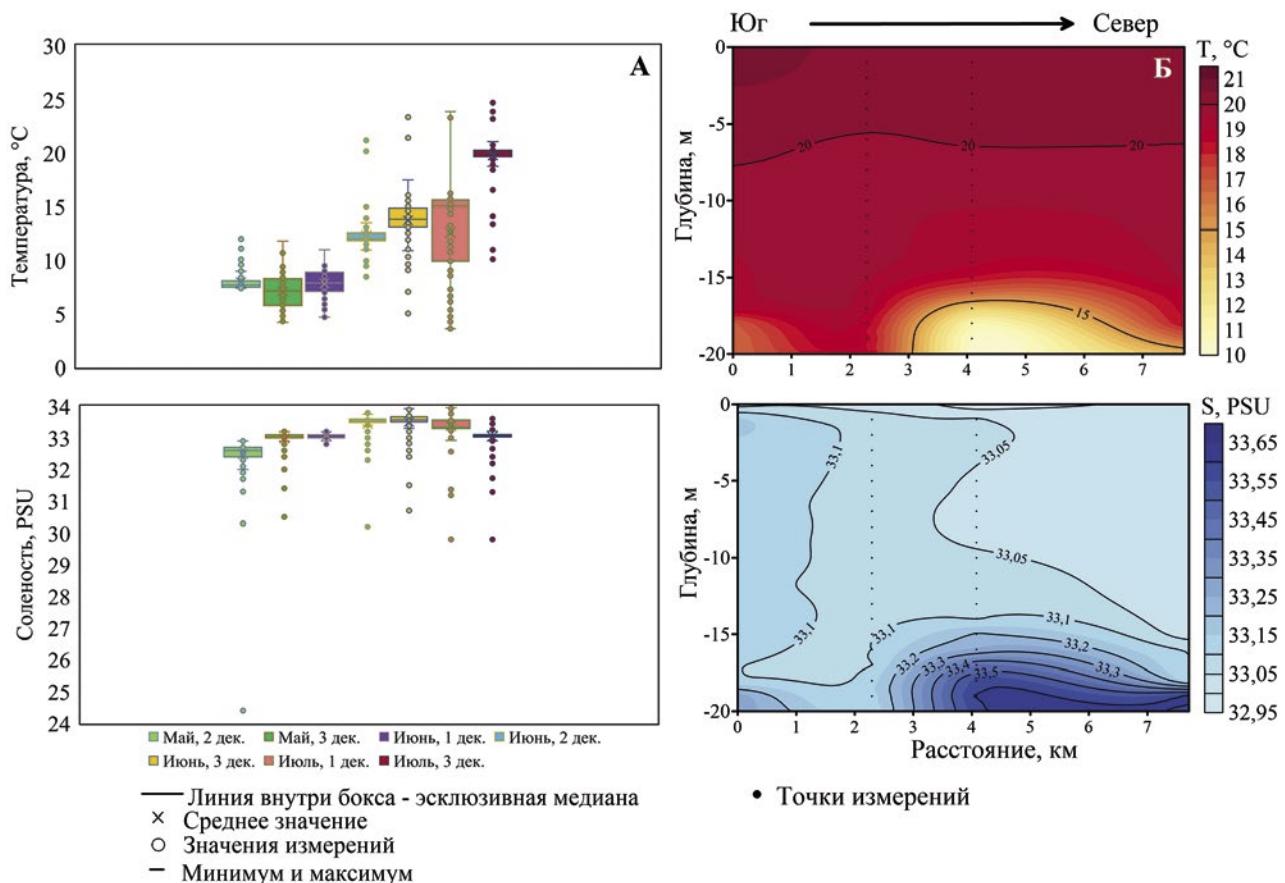
<sup>2</sup> Термические условия дальневосточных морей, 2025. <https://tinyurl.com/265abufp>

<sup>3</sup> Стасюк Е.И. 2023. Обзор системы прибрежных наблюдений Росгидромета на морской береговой сети Охотского моря по состоянию на 01.01.2023 г. Аналитический материал АМ.2023.2 // Владивосток: ФГБУ «ДВНИГМИ». 18 с. <http://www.ferhri.ru/images/stories/FERHRI/Materials/AM.2023.02.pdf>. 27.09.2025

<sup>4</sup> Декадные (десидневные) климатические поля температуры воды на поверхности Японского моря (Tw). Росгидромет: ФГБНУ «ДВНИГМИ», 2025. <http://ferhri.org/2-uncategorised/264-dekadnye-desyatidnevnye-klimaticheskie-polya-temperatury-vody-na-povrkhnosti-yaponskogo-morya-tw.html>. 27.09.2025

<sup>5</sup> Месячные аномалии ТПО, январь–июнь, 2025. [http://188.113.189.205/site.php?Lang=RU&page=sst&template=rep\\_sst\\_anomalies\\_month\\_2025\\_jan-jun](http://188.113.189.205/site.php?Lang=RU&page=sst&template=rep_sst_anomalies_month_2025_jan-jun). 27.09.2025

<sup>6</sup> Декадные распределения ТПО и её аномалии, июль–сентябрь, 2025. [http://188.113.189.205/site.php?Lang=RU&page=sst&template=rep\\_sst\\_anomalies\\_tenday\\_2025\\_jul-sep](http://188.113.189.205/site.php?Lang=RU&page=sst&template=rep_sst_anomalies_tenday_2025_jul-sep). 27.09.2025



**Рис. 2.** Сезонные изменения температуры и солености воды в юго-восточной части Татарского пролива в 2025 г (А), вертикальный профиль температуры и солености в третьей декаде июля на глубине 20 м (Б)

**Fig. 2.** Seasonal changes of water temperature and salinity in the southeastern part of the Tatar Strait in 2025 (A), vertical profile of temperature and salinity in the third decade of July at a depth of 20 m (B)

плого Цусимского течения [Дьяков, 2011]. В 2025 г. зимнее охлаждение поверхностного слоя Японского моря было слабым. Положительные аномалии ТПО регистрировали почти повсеместно. Температурные барьеры на путях миграций субтропических видов, пролегающих преимущественно в северной части Японского моря и вдоль западного побережья о. Хоккайдо (Япония), к концу июля были полностью разрушены, что позволяло не только нагуливаться, но и продолжать нерест в южной части Татарского пролива.

### Икра и личинки субтропических видов рыб в ихтиопланктоне

В 2025 г. в составе ихтиопланктона были обнаружены икра и личинки 18 видов рыб из 10 семейств, половина из которых относились к семейству камбаловых Pleuronectidae. Высокой была доля низкобореальных представителей, составлявших 44% от их общего числа. Только из камбаловых в эту группу

входило пять видов – остроголовая *Cleisthenes herzensteini* (Schmidt, 1904), япономорская палтусовидная *Hippoglossoides dubius* Schmidt, 1904, длиннорылая *Myzopsetta punctatissima* (Steindachner, 1879), желтополосая *Pseudopleuronectes herzensteini* (Jordan & Snyder, 1901) и тёмная *Pseudopleuronectes obscurus* (Herzenstein, 1890) камбалы. Многие из этих видов являются типичными представителями ихтиопланкtonных комплексов Татарского пролива [Шелехов и др., 2020].

Средняя численность икры рыб возрастила с 1,3 во второй декаде мая до 35,6 экз./м<sup>2</sup> в третьей декаде июня. В июле концентрации икры оставались высокими – 20,7–32,2 экз./м<sup>2</sup>. Суммарная численность личинок была наиболее высокой во второй декаде мая (8,3 экз./м<sup>2</sup>) и в первой декаде июня (8,8 экз./м<sup>2</sup>) (табл. 2).

В мае основу численности уловов формировали личинки (92% от суммарной численности личинок) и донная икра сельди (64% от суммарной численности икры). В период массового нереста или при силь-

**Таблица 2.** Видовой состав и численность ихтиопланктона в уловах ИКС-50 в юго-восточной части Татарского пролива в 2025 г. (численность, экз./м<sup>2</sup>/доля в суммарной численности, %)

**Table 2.** Species composition and abundance of ichthyoplankton in IKS-50 catches in the southeastern part of the Tatar Strait in 2025 (abundance, ind./m<sup>2</sup>/proportion in total abundance, %)

Месяц	Май			Июнь			Июль	
	Декада	2	3	1	2	3	1	3
Число	17	27	5	18	27	3	28	
<b>Икра</b>								
Сем. Clupeidae								
<i>Clupea pallasii</i> Valenciennes, 1847	-	3,33/64,0	-	-	-	-	-	-
Сем. Alosidae								
<i>Sardinops melanostictus</i> (Temminck & Schlegel, 1846)	-	-	-	-	-	-	-	2,5/7,8
Сем. Gadidae								
<i>Gadus chalcogrammus</i> Pallas, 1814	-	-	-	-	-	-	0,63/3,0	-
Сем. Scombridae								
<i>Scomber japonicus</i> Houttuyn, 1782	-	-	-	-	-	-	-	16,88/52,4
Сем. Pleuronectidae								
<i>Cleisthenes herzensteini</i> (Schmidt, 1904)	-	-	-	-	-	-	4,38/21,2	5,31/16,5
<i>Hippoglossoides dubius</i> Schmidt, 1904	0,67/50,0	-	-	-	-	-	-	-
<i>Glyptocephalus stelleri</i> (Schmidt, 1904)	-	-	-	-	-	-	-	3,44/10,7
<i>Limanda aspera</i> (Pallas, 1814)	-	-	-	-	-	-	-	1,56/4,9
<i>Limanda sakhalinensis</i> Hubbs, 1915	-	-	1,88/15,8	-	-	-	1,88/9,1	0,31/1,0
<i>Myzopsetta punctatissima</i> (Steindachner, 1879)	-	-	2,50/21,1	11,88/63,3	23,13/64,9	11,88/57,6	0,31/1,0	
<i>Platichthys stellatus</i> (Pallas, 1787)	0,33/25,0	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudopleuronectes herzensteini</i> (Jordan & Snyder, 1901)	0,33/25,0	1,88/36,0	7,50/63,1	6,88/36,7	12,50/35,1	1,88/9,1	1,88/5,7	
Итого икра	1,33/100	5,21/100	11,88/100	18,76/100	35,63/100	20,65/100	32,19/100	
<b>Личинки</b>								
Сем. Clupeidae								
<i>Clupea pallasii</i> Valenciennes, 1847	7,67/92,0	-	-	-	-	-	-	-
Сем. Scombridae								
<i>Scomber japonicus</i> Houttuyn, 1782	-	-	-	-	-	-	-	1,25/50,0
Сем. Scorpaenidae								
<i>Sebastes minor</i> Barsukov, 1972	-	-	-	-	-	-	-	0,31/12,5
Сем. Psychrolutidae								
<i>Gymnophantherus pistilliger</i> (Pallas, 1814)	0,33/4,0	-	-	-	-	-	-	-
Сем. Liparidae								
<i>Liparis kusnetzovi</i> Tarantsov, 1936	-	-	4,38/50,0	-	-	-	-	-
Сем. Neozoarcidae								
<i>Neozoarcus steindachneri</i> Jordan & Snyder, 1902	-	-	-	0,42/100,0	-	-	-	-
Сем. Stichaeidae								
<i>Opisthocentrus ocellatus</i> (Tilesius, 1811)	0,33/4,0	-	-	-	-	-	-	-
Сем. Pleuronectidae								
<i>Cleisthenes herzensteini</i> (Schmidt, 1904)	-	-	-	-	-	-	-	0,31/12,5

Окончание табл. 2

Месяц	Май			Июнь			Июль	
	Декада	2	3	1	2	3	1	3
Число	17	27	5	18	27	3	28	
<i>Limanda sakhalinensis</i> Hubbs, 1915	—	—	—	—	—	—	0,63/100	0,31/12,5
<i>Myzopsetta punctatissima</i> (Steindachner, 1879)	—	—	—	—	1,25/66,7	—	—	—
<i>Pseudopleuronectes herzensteini</i> (Jordan & Snyder, 1901)	—	—	—	—	0,63/33,3	—	0,31/12,5	
<i>Pseudopleuronectes obscurus</i> (Herzenstein, 1890)	—	0,63/100	4,38/50,0	—	—	—	—	—
Итого личинки	8,33/100	0,63/100	8,76/100	0,42/100	1,88/100	0,63/100	2,49/100	

ном волнении и отжимном ветре икра сельди, как и других рыб, откладывающих донную икру на литорали и в верхних горизонтах сублиторали (мойвы, морской малоротой корюшки, тёмной камбалы), может выноситься в толщу воды, формировать значительные концентрации в прибрежье и, соответственно, достигать высокой численности в уловах икорных сетей [Мухаметова, Баланов, 2013]. Вынос донной икры – достаточно распространённое явление в прибрежной зоне морей, поэтому икру сельди включили в анализ ихтиопланктонных уловов.

В последующий период вплоть до третьей декады июля в ихтиопланктоне доминировали икра и личинки камбал. Большую часть времени наблюдений на долю икры камбал приходилось 97-100% от общей численности икры рыб. Снижение до 36% было отмечено в третьей декаде мая за счет увеличения выноса икры сельди. Без донной икры сельди уловы были представлены исключительно икрой желтополосой камбалы.

Значительные изменения в структуре ихтиопланктона произошли в третьей декаде июля. Доля икры камбаловых в суммарной численности икры рыб снизилась до 40%. Ихтиопланктонный комплекс приобрёл субтропический облик с высокой численностью икры и личинок мигрантов – скумбрии и сардины.

Для получения более репрезентативного материала анализа икры и личинок субтропических видов выполнен по обловам двух типов сетей – ИКС-50 и БСД. На полигоне доминировала икра рыб, доля которой по уловам сети ИКС-50 составила 92,8%, по уловам сети БСД – 92,6% от суммарного количества учтённого ихтиопланктона. Массовые формы хорошо облавливались обеими сетями. Структура ихтиопланктона имела достаточно высокое сходство. Индекс Чекановского-Сёренсена достигал 86% при сравнении состава икры рыб и 63% при сравнении состава личинок рыб.

В уловах обеих сетей доминировали икра и личинки скумбрии. Икра скумбрии формировалась 52,4% от суммарной численности икры рыб как в уловах ИКС-50, так и в уловах БСД. Численность личинок скумбрии достигала 50% в ИКС-50 и 60,0% в БСД от общей численности личинок рыб. Икра сардины относилась к второстепенным формам. Её доля составляла 7,8% в уловах ИКС-50 и 7,9% в уловах БСД.

Частота встречаемости икры скумбрии была одинакова в обеих сетях – 56%. Средняя численность в уловах БСД (20,63 экз./м<sup>2</sup>) превышала соответствующую величину в ИКС-50 (16,88 экз./м<sup>2</sup>). Личинки скумбрии имели более высокую встречаемость в ИКС-50 – 25%, против 19% в БСД. Численность личинок, напротив, была несколько выше в уловах БСД – 1,88 экз./м<sup>2</sup>, тогда как в ИКС составляла 1,25 экз./м<sup>2</sup>. Частота встречаемости икры сардины в уловах ИКС-50 была выше – 38%. В уловах БСД икра была обнаружена в 25% случаев. Средняя численность икры в уловах БСД была несколько выше, чем в уловах ИКС-50, – 2,50 и 3,13 экз./м<sup>2</sup>, соответственно. Но в целом, значимые различия между уловами икры сардины и икры и личинок скумбрии в ИКС-50 и БСД не обнаружены. Во всех случаях модуль значения t-статистики был меньше t критического (табл. 3).

Икра скумбрии была отмечена на всей обследованной акватории, за исключением минимальных глубин. По результатам обловов обеими сетями наибольшие скопления икры – от 70 до 130 экз./м<sup>2</sup>, формировались к северу от устья р. Калинка. Напротив устья р. Сова результативные уловы наблюдались над глубинами от 10 до 20 м, на трёх южных разрезах – от 5 до 20 м. Личинки скумбрии отсутствовали на северном разрезе напротив устья р. Сова. На остальной акватории численность личинок не превышала 5-10 экз./м<sup>2</sup>.

Икра сардины также не встречалась на северном разрезе. По данным уловов ИКС-50 численность икры

**Таблица 3.** Численность икры и личинок субтропических видов по результатам уловов ИКС-50 и БСД (Max – максимальная;  $M \pm s$  – средняя величина±стандартное отклонение)

**Table 3.** Abundance of eggs and larvae of subtropical species based on the results of catches of IKS-50 and BSD (Max – maximum;  $M \pm s$  – average value ± standard deviation)

Вид	ИКС-50			БСД			t-статистика	t критическое		
	Численность, экз./м <sup>2</sup>		Частота встречаемости, %	Численность, экз./м <sup>2</sup>		Частота встречаемости, %				
	Max	$M \pm s$		Max	$M \pm s$					
Икра <i>S. japonicus</i>	125	16,88±31,77	56	130	20,63±34,92	56	-0,31	2,04		
Личинки <i>S. japonicus</i>	5	1,25±2,24	25	10	1,88±4,03	19	-0,54	2,04		
Икра <i>S. melanostictus</i>	15	2,50±4,08	38	20	3,13±6,02	25	-0,34	2,04		

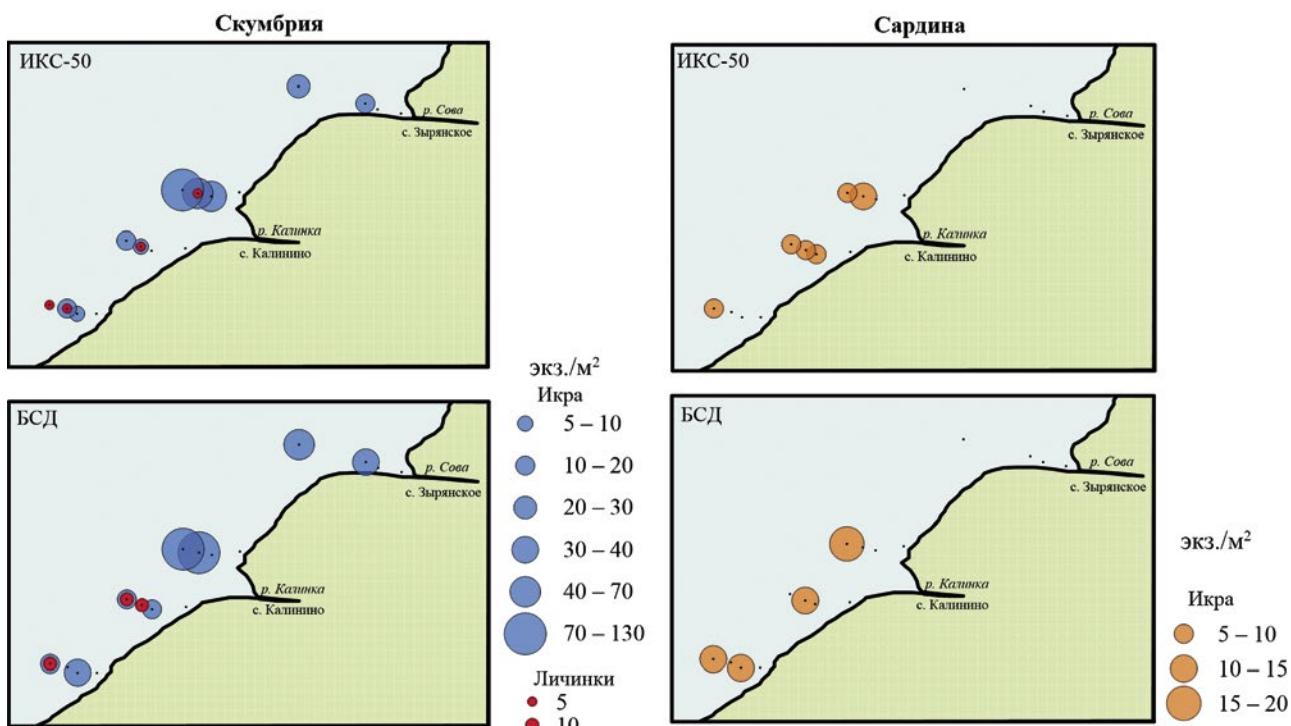
на большей части акватории не превышала 5-10 экз./м<sup>2</sup>, максимальная достигала 15 экз./м<sup>2</sup>. В уловах БСД численность была немного выше – чаще всего 10-15 экз./м<sup>2</sup> с максимумом 20 экз./м<sup>2</sup> (рис. 3).

Суммарно наибольшее количество икры скумбрии было учтено у мористой границы полигона над изобатой 20 м – 59% от общей численности в уловах ИКС-50 и 58% – в уловах БСД. Личинки скумбрии были отмечены в уловах только на глубинах 10-20 м. Икра сардины встречалась от 5 м и глубже. По результатам обловов ИКС-50 основное количество икры (50%) было сосредоточено над глубиной 10 м и 38% – на глубинах 20 м.

Диаметр жизнеспособных икринок скумбрии изменялся от 0,86 до 1,12 мм и в среднем составил 1,015±0,041 мм. Перивителлиновое пространство находилось в пределах от 2,5 до 12,0% при средней величине 6,3%. Желток в среднем занимал 67,8% объема икринки (табл. 4).

В норме жировая капля одна. У 18% фиксированных икринок в результате физического воздействия были отмечены смещение и разрыв жировых капель с вытеканием содержимого. В этом случае размеры и количество капель менялись (рис. 4).

В уловах встречались икринки на разных стадиях развития. Преобладали икринки на II стадии развития.



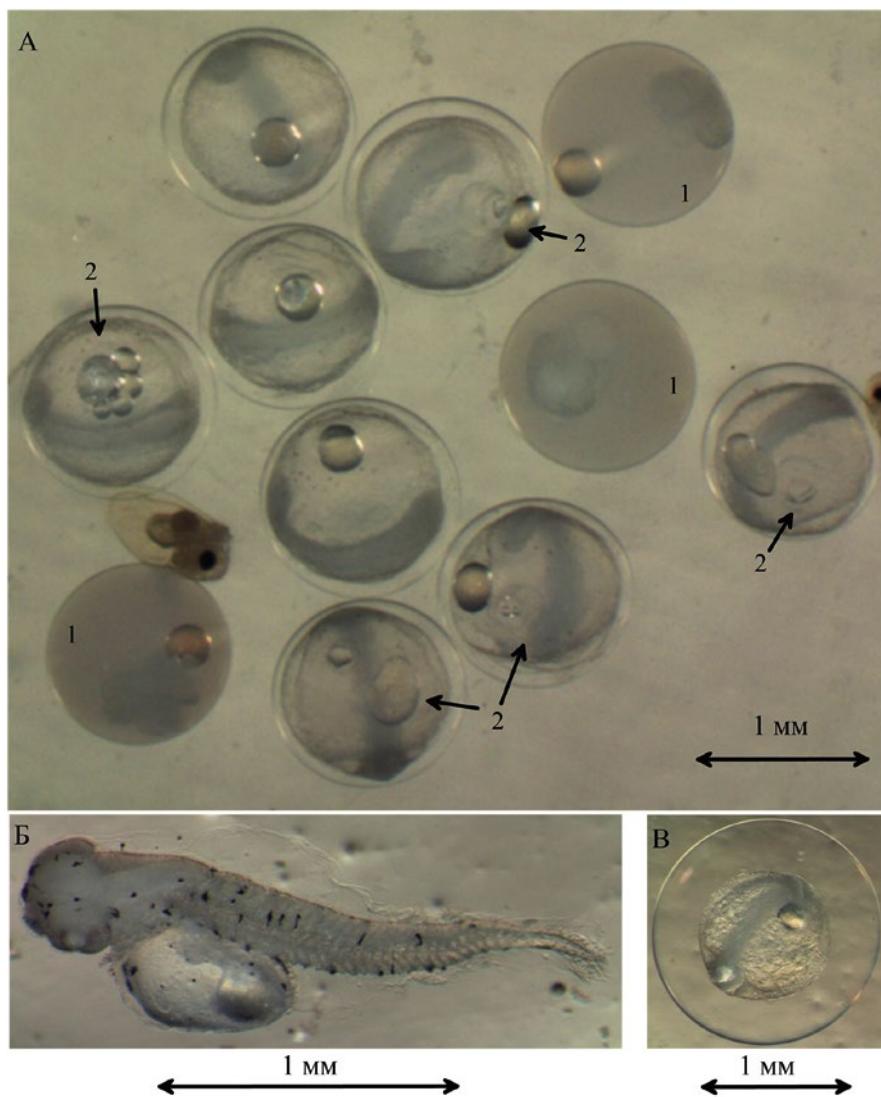
**Рис. 3.** Распределение икры и личинок скумбрии и икры сардины в уловах ИКС-50 и БСД в юго-восточной части Татарского пролива в июле 2025 г.

**Fig. 3.** Distribution of chub mackerel eggs and larvae and Pacific sardine eggs in the catches of IKS-50 and BSD in the southeastern part of the Tatar Strait in July 2025

**Таблица 4.** Характеристики икринок субтропических видов в юго-восточной части Татарского пролива в июле 2025 г.  
( $M \pm s$  – средняя величина ± стандартное отклонение)

**Table 4.** Characteristics of eggs of subtropical species in the southeastern part of the Tatar Strait in July 2025  
( $M \pm s$  – mean value ± standard deviation)

Характеристики	Диаметр, мм				Объём, %	
	икринок	желтка	жировой капли	желтка от объёма икринки	цитоплазмы от объёма икринки	жировой капли от объёма желтка
<i>S. japonicus</i>						
Предельные значения	0,86-1,12	0,76-0,97	0,16-0,40	44,31-85,74	14,26-55,69	1,24-7,71
$M \pm s$	1,015±0,041	0,885±0,062	0,256±0,035	67,83±11,67	32,17±11,67	2,56±1,27
<i>S. melanostictus</i>						
Предельные значения	1,38-1,87	0,88-1	0,14-0,17	22,33-26,88	73,12-77,67	0,34-0,54
$M \pm s$	1,532±0,139	0,946±0,047	0,153±0,01	25,10±1,89	74,91±1,89	0,45±0,09



**Рис. 4.** Фиксированная формальдегидом (4%) икра скумбрии (A), предличинка скумбрии, 2,0 мм (B), икринка сардиньи, 1,54 мм (В) в юго-восточной части Татарского пролива в конце июля 2025 г. (1 – патологии развития эмбрионов; 2 – разрушения жировых капель вследствие физического воздействия)

**Fig. 4.** Chub mackerel eggs (A), chub mackerel prelarva (B), sardine egg (C) from the southeastern part of the Tatar Strait at the end of July 2025 conservated in 4% formaldehyde (1 – embryo development pathologies; 2 – destruction of fat droplets due to physical impact)

На их долю приходилось 90,5% суммарной численности икры (табл. 5). Патологии имели 26,7% эмбрионов.

**Таблица 5.** Соотношение стадий развития икры субтропических видов рыб в юго-восточной части Татарского пролива в июле 2025 г.

**Table 5.** Proportion of egg stages of subtropical fish species in the southeastern part of the Tatar Strait in July 2025

Вид	Стадии развития, %				Нежизнеспособные икринки, %
	I	II	III	IV	
<i>S. japonicus</i>	1,6	90,5	6,3	1,6	26,7
<i>S. melanostictus</i>	–	27,3	72,7	–	8,3

Основная гибель происходила при переходе с I на II стадии. Доля нежизнеспособных эмбрионов на II стадии достигала 74% от всех эмбрионов с патологиями. На I стадии аномалии развития были отмечены в 9% случаев, на III стадии – в 17% случаев.

На полигоне встречались преимущественно предличинки скумбрии длиной 1,98-2,20 мм с разным объёмом запасов желтка. Их доля в общей численности достигала 86%.

Диаметр икринок сардины изменялся от 1,38 до 1,87 мм и в среднем составлял  $1,532 \pm 0,139$  мм. Диаметр желтка находился в пределах 0,88-1,00 мм, в среднем  $0,946 \pm 0,047$  мм. Для икринки сардины характерно большое перивителлинное пространство – 25,0-29,5%, в среднем 27,8%. Объём цитоплазмы составлял 73-78% от объёма икринки (см. табл. 4), что позволяло отнести икринки к полиплазматическому типу. Икра сардины находилась на II и III стадиях развития. Преобладала III стадия развития, численность которой достигала 72,7% от общего количества икры этого вида. Доля нежизнеспособных икринок была не высокой – 8,3% (см. табл. 5).

Судя по отсутствию в уловах икры на IV стадии развития и личинок, нерест сардины на полигоне начался позже, чем скумбрии. В период исследований гибель икры сардины была невысокой, а температура и солёность на полигоне имели оптимальные для развития икры и личинок значения. При сохранении благоприятных условий в последующий период можно ожидать успешного завершения эмбриогенеза сардины и появления в планктоне её личинок. Не исключено, что икра на IV стадии и личинки сардины встречались и во время съёмки, но численность была настолько низкой, что применяемые вертикальные ловы не позволили их учесть. Для получения полного представления о течении нереста субтропических видов необходимы специализированные исследования с недельной периодичностью съёмок и с включением

на каждой станции, помимо вертикальных ловов, горизонтальных тралений, позволяющих лучше учитывать малочисленные формы.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В конце июля 2025 г. в сезонной динамике ихтиопланктона юго-восточной части Татарского пролива были отмечены значительные изменения, заключавшиеся в снижении доли резидентных видов камбал и увеличении численности икры и личинок субтропических мигрантов – скумбрии и сардины, массовый нерест которых в последние годы в данном районе не регистрировали [Moukhamedova, 2012, 2014; Шелехов и др., 2020].

При сравнении полученных данных с результатами предыдущих исследований, выполненных в аналогичные сроки, также можно отметить перестройки в составе ихтиопланктона. В 2017 г. в юго-восточной части Татарского пролива в месте расположения исследуемого полигона икра и личинки субтропических мигрантов не отмечены. Нерест японского анчоуса, относящегося к этой группе, происходил только у материкового побережья. В районе полигона в небольшом количестве встречалась икра длиннорылой, остроголовой, дальневосточной длинной *Glyptocephalus stelleri* (Schmidt, 1904) камбал [Шелехов и др., 2020]. Ещё раньше, в 2010 г. и в 2013 гг., на этом же участке был зарегистрирован массовый нерест японского анчоуса [Moukhamedova, 2012]. В августе анчоус доминировал в ихтиопланктоне: 62% суммарной численности ихтиопланктона приходилась на икру и 35% – на личинок этого вида. Суммарная доля камбал в июле составляла 42%, что близко к нашим данным [Moukhamedova, 2014].

Скумбрия и сардина относятся к стайным пелагическим видам, совершающим нерегулярные миграции в северном направлении. Для обоих видов характерно относительное разделение нерестового и нагульного ареалов, но при благоприятных температурных условиях нерест также может происходить и в местах нагула.

Ареал скумбрии тянется от берегов Тайваня и Восточно-Китайского моря на юге до зал. Де-Кастри на севере. В Татарский пролив мигрирует скумбрия Цусимской популяции. В период миграций отдельные экземпляры могли достигать лимана р. Амур. Скумбрию встречали также у берегов Камчатки и в Охотском море [Веденский, 1953]. Миграции из районов нереста, расположенных у западного побережья Японии, в северном направлении идут двумя потоками – вдоль западного и восточного берегов Японии и далее – в Татарский пролив [Новиков, 1979]. В период

миграций головные косяки скумбрии следуют за изотермой 10 °C [Веденский, 1951]. Количество, половозрастной состав рыб, протяжённость миграций определяются сложным механизмом взаимоотношения численности популяций с факторами среды – температурой, продолжительностью светового дня, кормовой базой [Takasuka et al., 2008; Kanamori et al., 2019]. Основными регуляторами репродуктивного цикла скумбрии, как и большинства видов рыб, являются температура воды и продолжительность фотопериода [Wang et al., 2010; Kaneko et al., 2019].

В последние годы в северной части Японского моря наблюдается благоприятное сочетание многих факторов, способствующих расширению миграций субтропических видов рыб в северном направлении, в том числе, в Татарский пролив. Несмотря на замедление темпов, в последние годы в Японском море продолжается рост ТПМ [Хен и др., 2020]. С 2015 г. в июле – сентябре отмечается значительное потепление акватории у западного побережья о. Сахалин [Шевченко, Ложкин, 2023]. В летний период обеспеченность кормовыми ресурсами в северной части Японского моря достаточно высока. Доля макропланктона, являющегося основой рациона мелких пелагических видов рыб, возрастает с юга на север. Летом в юго-восточной части Татарского пролива биомасса планктона оценивается в 0,5-0,7 г/м<sup>3</sup> [Долганова, 2010]. В последнее десятилетие отмечается рост численности трёх массово мигрирующих в данный район тепловодных видов – японской скумбрии [Kume et al., 2021], дальневосточной сардины [Yang et al., 2023] и японского анчоуса [Yatsu, 2019]. Высокие температуры, обилие планктона и рост численности япономорских популяций перечисленных видов создаёт предпосылки для расширения нагульных миграций к северным границам ареала. Продолжительность светового дня в северных широтах больше, чем на юге ареала, соответственно при прочих благоприятных условиях, это ещё один фактор, позволяющий мигрантам продлить нерестовый период.

Увеличение численности сардины, скумбрии и анчоуса в Татарском проливе подтверждается как траловыми съёмками, так и массовыми береговыми выбросами рыб. У побережья Западного Сахалина выбросы субтропических видов регистрируют преимущественно в осенний период и связывают со снижением температуры воды на путях их миграций к местам зимовки. При резком падении температуры рыбы становятся малоактивными, не могут сопротивляться воздействию ветра и волн и попадают в приливную зону, где происходит их гибель [Великанов и др., 2017, 2025]. В других районах, например, в Приморье, могут быть

другие причины выбросов рыб на берег, в частности, уход стаи к урезу воды от хищников [Байталюк, Радченко, 2024].

В 2025 г. возможность нереста определялась высокими температурами воды во всей северной части Японского моря, включая Татарский пролив. Уже в начале июля температура на полигоне приблизилась к нижней границе оптимума (10-14 °C), при котором возможен нерест анчоуса, сардины, скумбрии. К третьей декаде июля весь слой до 20 м в прибрежье юго-восточной части Татарского пролива был прогрет до оптимальных значений, при которых эти виды размножаются на всём ареале, в том числе, на юге Японского моря [Беляев, 1986; Funamoto, Aoki, 2002].

Нерест скумбрии порционный, начинается ещё в местах зимовки до начала миграций в северном направлении. В районе основных нерестилищ температура составляет 15-22 °C. У западного побережья Кореи и в зал. Петра Великого большая часть рыб нерестится в мае – июне [Yukami et al., 2009].

В Татарский пролив подходят не только посленерестовые особи, но и не нерестившиеся в текущем году рыбы, которые мигрируют не далее 10-20 миль от берега. В 1948 г. около 20% особей в этом районе имели половые продукты на стадии зрелости V и V-VI, что указывало на текущий нерест части рыб [Веденский, 1951, 1953].

Анализ ихтиопланктона, собранного в Курило-Сахалинской экспедиции в 1947-1949 гг., подтвердил нерест и наличие выростных зон скумбрии в Татарском проливе. Вдоль побережья Юго-Западного Сахалина икра встречалась от м. Крильон почти до 48° с. ш. Распределение икры ограничивалось изобатами 200 м или немногим более. Чаще всего высокую численность икры отмечали над глубинами менее 40 м, а максимальную – над глубинами 0-20 м при температуре 16,5-17,0 °C. Наибольшие концентрации икры – до 12,4 тыс. экз. в 10-минутном горизонтальном лове сетью ИКС-80 и 294 экз./м<sup>2</sup> в вертикальных ловах были отмечены в зал. Невельского и в прилежащих прибрежных водах. Личинки скумбрии встречались только на прибрежных станциях при температуре воды от 10 до 19 °C [Дехник, 1959].

После длительного перерыва икра и личинки скумбрии были отмечены в Татарском проливе в июле – августе 2017 г. Уловы икры были значительно ниже отмечавшихся в 40-е годы – до 4 экз. в 10-минутном лове в поверхностном слое и до 4 экз./м<sup>2</sup> при вертикальном лове от дна до поверхности [Шелехов и др., 2020].

Полигон, исследованный в 2025 г., входил в зону массового нереста скумбрии, наблюдавшегося в 40-е

годы. Температуры нереста в 2025 г. были близки к температурам нереста в 1947 г. Количество икры скумбрии в уловах 2025 г. было ниже величин, отмечавшихся в 1947 г., и выше значений 2017 г. Различия с 1947 г. могут объясняться как ограниченностью в 2025 г. района исследований, так и межгодовой вариабельностью численности. Рост уловов икры по сравнению с 2017 г. может быть связан с увеличением численности нерестящихся рыб на фоне роста общей численности япономорской скумбрии и ТПМ в Татарском проливе.

Икра скумбрии, собранная в 2025 г., в среднем была несколько мельче, чем собранная в середине прошлого столетия, – 1,02 мм (0,86-1,12 мм) против 1,11 мм (0,89-1,32 мм). В то же время средний диаметр желтка – 0,89 мм, был почти таким же, как и в 40-е годы – 0,88 мм. Но здесь нужно отметить, что минимальный диаметр желтка – 0,5 мм, указанный у Т.В. Дехник [1959], скорее всего, был измерен у не жизнеспособных икринок, так как минимальный диаметр икринок превышал значения, полученные в наших исследованиях.

У части встречавшихся в 2025 г. эмбрионов на поздних стадиях развития не наблюдалось явно выраженных патологий, но диаметр желтка (0,5-0,6 мм) был меньше, а перивителлиновое пространство (около 20% и более) и объём цитоплазмы (70% и более)

превышали средние величины, характерные для нормально развивающихся икринок (рис. 5).

Уменьшение размеров желтка у эмбрионов до 0,5-0,6 мм относительно среднего диаметра около 0,9 мм, характерного для скумбрии, при сохраняющихся средних размерах икринки около 1 мм означает сокращение запасов питательных веществ, необходимых для нормального роста и развития в критический период перехода на внешнее питание. Даже если такие эмбрионы доживают до выклева, при выходе в среду они обычно недоразвиты, остаются мелкими, не имеют достаточных эндогенных запасов для перехода в личиночную фазу и погибают в первые дни.

В нашем случае такие икринки в промеры включены не были. Учитывая возможные различия в методических подходах, можно предполагать, что средние размеры желтка, указанные у Т.В. Дехник [1959], были несколько занижены. Косвенно это предположение подтверждается и более крупными размерами жировых капель – 0,22-0,40 (0,46 мм), в среднем 0,3 мм, и соответственно большим объёмом липидов, являющихся дополнительным резервом питательных веществ и влияющих на плавучесть икринок [Nande et al., 2024]. В 2025 г. диаметр жировых капель изменился от 0,16 до 0,40 и в среднем составлял 0,26 мм.

Продолжительность эмбрионального развития при температуре от 18 до 20 °C, близкой к температурным условиям в юго-восточной части Татарского пролива в конце июля 2025 г., составляет 53-56 часов [Castro Hernández, Santana Ortega, 2000] и сокращается до 41 часа при повышении температуры до 23-24 °C [Kim, 2008]. Быстрое эмбриональное развитие объясняет присутствие личинок скумбрии в местах нереста, что позволяет считать места нахождения икры на разных стадиях и личинок районами нереста.

Личинки скумбрии в 2025 г. при выклеве также были мельче, чем в 1940-е годы, – около 2,0-2,2 мм против 2,5-2,9 мм [Дехник, 1959]. Более крупные размеры личинок при выклеве отмечены и на южных нерестилищах Японского моря – 2,8-3,2 мм, в среднем 3,0 мм [Kim, 2008]). Еще большие размеры личинок при выклеве зарегистрированы в условиях искусственной инкубации икры, полученной от маточного стада скумбрии, – около 3,6 мм [Murata et al., 2005]. В наших сборах по морфологическим характеристикам личинки длиной 1,98-2,2 мм соответствовали только что выклонувшимся личинкам из вод южной части Японского моря. Личинки примерно таких же размеров – 2,02-2,2 мм имели возраст около одного-двух дней, личинка длиной 2,74 мм соответствовала личинкам четырёхдневного возраста.

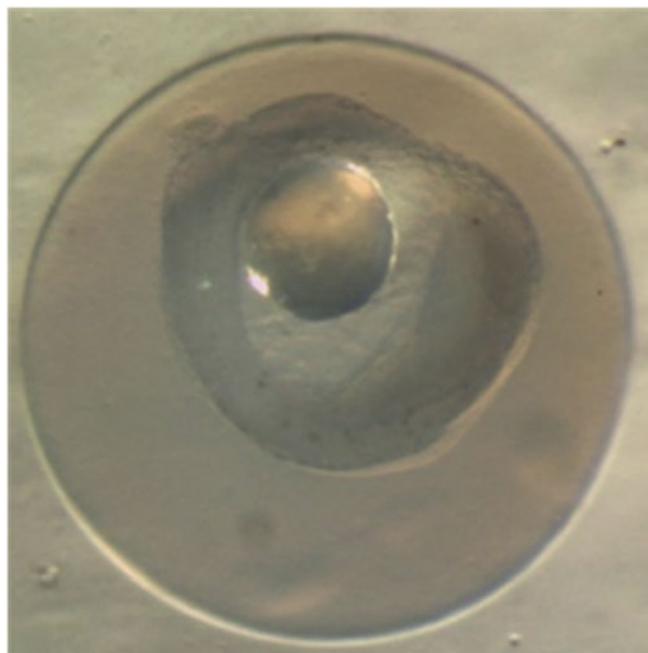


Рис. 5. Эмбрион скумбрии с малым запасом желтка в уловах 2025 г. (d икры = 0,99 мм, d желтка = 0,60 мм)

Fig. 5. Chub mackerel embryo with a small yolk in the 2025 catches (d of egg = 0,99 mm, d of yolk = 0,60 mm)

Таким образом, размеры икринок, запасы питательных веществ у эмбрионов и размеры предличинок и личинок скумбрии в 2025 г. были несколько меньше, чем описанные ранее для северной [Дехник, 1959] и южной [Kim, 2008] части ареала.

Размер икры – важный показатель её качества и адаптаций потомства в первые дни после выклева. Отмечены влияние диаметра икры на стандартную длину личинок при выклеве и их способность к переходу на экзогенное питание, в том числе, устойчивость к голоданию. Личинки, вылупившиеся из более крупных икринок, как правило, крупнее и растут быстрее, чем вылупившиеся из более мелких икринок [Houde, 2008]. В свою очередь, размеры икры зависят от возраста и условий нагула самок. Икра повторно нерестящихся двух- или трёхлетних самок скумбрии крупнее и богаче питательными веществами, чем икра, выметанная годовалыми, впервые нерестящимися самками [Yoneda et al., 2022]. Более крупные личинки скумбрии, получаемые от маточного стада, находящегося в стабильных температурных и кормовых условиях [Murata et al., 2005], также подтверждают влияние материнского эффекта на размеры потомства.

Из-за отсутствия специализированных ихтиологических съёмок данные по размерно-массовым и половозрастным характеристикам производителей скумбрии в 2025 г. собрать не удалось. Но можно предположить, что основным фактором, повлиявшим на снижение размеров икры и личинок, могло быть уменьшение возраста и размера нерестящихся особей. Средний диаметр икринок скумбрии, выметанных рыбами в возрасте около одного года, составлял 1,07 мм, что очень близко к нашим данным [Baek et al., 2025].

У сардин самой северный репродуктивный ареал имеет популяция п-ова Ното (о. Хонсю). При высокой численности нерест этой популяции происходит у северного побережья о. Хоккайдо. Нагульные миграции простираются в Татарский пролив и вдоль западного побережья о. Сахалин доходят до Александровска-Сахалинского. Сахалинский залив также отмечен как район нагула сардин [Новиков, 1979].

О размножении сардины у берегов Сахалина информацию обнаружить не удалось. Ни на одной из существующих схем даже южная часть Татарского пролива не отмечена как место нереста этого вида, что возможно связано с отсутствием регулярных ихтиопланктонных исследований в июле–августе. Основные места воспроизводства и промысла сардин и, соответственно, научные исследования сосредоточены в тихоокеанских водах Японии и России.

В современный период массовые нагульные миграции сардины в Татарском проливе начали регистрировать с 2011 г. после отсутствия этого вида с 1992 по 2010 гг. [Великанов и др., 2017]. В 2015 г. у западного побережья Сахалина сардина появилась во второй декаде июня и встречалась в уловах до конца августа, т. е. в нерестовый период, что в условиях высоких положительных аномалий [Великанов, 2016] позволяет предполагать возможность её икрометания. Но результаты ихтиопланктонной съёмки, выполненной в июле–августе 2017 г., не показали наличия нерестилищ. В списке ихтиопланктона Татарского пролива сардина отсутствовала [Шелехов и др., 2020].

При сложном механизме взаимоотношения численности популяций сардины с факторами среды температура поверхностного слоя в период нереста наиболее важна для её раннего онтогенеза [Nande et al., 2024]. В западной части Японского моря у о. Хонсю температура на нерестилищах сардины меняется в пределах 13–21 °C, в зависимости от межгодового смещения икрометания к северу или к югу [Matsuoka, Konishi, 2001]. Обычно скопления икры формируются при температуре от 14 °C до 16 °C [Takasuka et al., 2008; Furuichi et al., 2020; Kodama et al., 2025]. Икра сардины на I стадии развития встречается преимущественно на глубинах 40–60 м.

Адаптация к меняющимся климатическим условиям может происходить в двух направлениях. Это – изменение сроков нереста и пространственное смещение нерестилищ. Для северных акваторий более характерно пространственное смещение нерестилищ [Matsuoka, 2008].

В 2025 г. в юго-восточной части Татарского пролива нерест сардини происходил над глубинами 5–20 м. Учитывая тяготение к большим глубинам, можно предполагать, что зоны икрометания располагались и мористее изученного полигона. Температура была вполне подходящей для раннего онтогенеза сардини. При температуре 21–22 °C выклев личинок происходит через 30–36 часов [Matsuoka, 2008]. Судя по тому, что икра сардини на IV стадии развития и личинки в уловах отсутствовали, нерест на полигоне начался за два–три дня до съёмки – ориентировочно с 25 июля. Низкая смертность икры объяснялась не только комфортной температурой, но и стабильной солёностью, резкие изменения которой могут приводить к гибели всей икры. Так, в Амурском заливе, находящемся под влиянием стока крупных рек, изменения солёности могли достигать 14‰ (14 PSU). В такие периоды доля эмбриональных патологий у сардини возрастала до 90–100% [Давыдова, 1994].

Жизненный цикл и репродуктивная стратегия у сардин и скумбрии близки. Сардину относят к видам с порционным нерестом. Как и у скумбрии, у сардины предполагается наличие материнского эффекта, выражющегося в зависимости между размерами и упитанностью самок и размерами икринок и, соответственно, личинок, которые в последствии определяют пополнение и численность отдельных группировок [Morimoto, 2010]. Сходство жизненных циклов сардины и скумбрии объясняет возможность их совместного нереста у северных границ ареала.

Отсутствие в 2025 г. в юго-восточной части Татарского пролива икры и личинок японского анчоуса может быть объяснено несколькими причинами. К наиболее вероятным можно отнести слишком высокие температуры воды на исследуемом полигоне, а также выедание анчоуса другими массовыми видами, в частности, скумбriей. Для всех субтропических видов температура является наиболее важным фактором, способствующим продвижению рыб на север. Массовые субтропические мигранты, достигающие Татарского пролива, имеют следующий оптимальный для нереста диапазон температур: скумбria – 15-22 °C в районе основных нерестилищ [Yukami et al., 2009] и 10-19 °C в северных частях ареала с образованием максимальных концентраций икры при 17 °C [Дехник, 1959]; сардина – 11-22 °C [Sarr et al., 2021] с пиком нереста при 16-17 °C [Takasuka et al., 2008]; анчоус – 13-18 °C [Zhang et al., 2021] и 5-12,6 °C для мигрирующих группировок [Funamoto, Aoki, 2002]. По приведённым данным видно, что мигрирующий анчоус может размножаться при более низких температурах. В пользу такого предположения свидетельствует и тот факт, что из всех массовых пелагических мигрантов южных широт анчоус чаще других размножается в Татарском проливе [Мухаметова, 2004; Шелехов и др., 2020] и является единственным видом из этой группы, икрометание которого было зарегистрировано в водах северного Сахалина вплоть до 55 °C [Мухаметова, 2012]. В условиях очень высоких температур, наблюдавшихся у юго-западного побережья Сахалина в 2025 г., анчоус мог уйти для нагула и нереста не только в более подходящие по температурным условиям северные районы Татарского пролива, но и в Охотское море. Кроме того, анчоус является важным кормовым видом [Байталюк, Радченко, 2024]. При значительной доле в питании скумбрии планктонных организмов в местах высоких концентраций мелких рыб её рацион смещается в сторону их потребления. Доля рыб в рационе скумбрии может достигать 35-48%, что позволило отнести этот вид к активным хищникам-оппортунистам [Chen et al., 2024].

Японский анчоус является одним из важных объектов питания скумбрии [Park et al., 2025]. Учитывая доминирование скумбрии в ихтиопланктоне, надо полагать, что численность её была высока и в составе пелагического ихтиоцена. В местах образования совместных скоплений анчоус мог активно выедаться скумбriей.

Анализ литературной информации и наши данные свидетельствуют не только о возобновлении масштабных миграций субтропических видов в Татарский пролив, но и о расширении их репродуктивного ареала в связи с формированием комплекса условий, прежде всего, благоприятного температурного режима на фоне роста численности популяций. Регулярные наблюдения за этими процессами чрезвычайно важны для получения дополнительных данных, необходимых для оценки пополнения южных мигрантов у северных границ ареала. Ихтиопланктонные съёмки являются одним из инструментов, позволяющих определить площадь нерестилищ и через суточную продукцию и общую численность выметанной икры рассчитать нерестовую биомассу рыб, оценить естественную смертность и другие параметры, необходимые для прогнозирования промысловых запасов. В дальневосточных морях данный подход применяется пока только для оценки запасов минтая. Однако при правильно подобранных методах сбора, сроках и периодичности ихтиопланктонные съёмки вполне применимы для определения нерестовой биомассы других видов с пелагическими стадиями развития. В странах, где сардина и скумбria являются постоянными объектами промысла, результаты ихтиопланктонных съёмок широко используют в прогнозных оценках этих видов [Ward et al., 2021].

В 2025 г. обследованная акватория была сильно ограничена по площади, что не позволило полностью оконтурить нерестилища субтропических видов. Для получения более полной информации по их размножению и особенностям раннего онтогенеза в Татарском проливе необходимо проведение специализированных ихтиопланктонных и траповых съёмок в период максимального прогрева ТПМ (июль–август) с охватом большей по площади акватории, в том числе хорошо прогреваемых заливов и прибрежных участков.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В третьей декаде июля 2025 г. в ихтиопланктоне юго-восточной части Татарского пролива были отмечены существенные изменения, заключавшиеся в снижении относительной численности икры и личинок резидентных видов и увеличении доли субтропических мигрантов – скумбрии и сардины. Возможность нереста субтропических видов была обусловлена вы-

сокой температурой воды, достигшей к концу июля в среднем 19,8 °C.

Скумбрия была представлена как икрой, так и личинками, сардина – только икрой. Доминировала скумбрия. Икра скумбрии в уловах ИКС-50 формировалась 52% от общей численности икры, личинки – 50% от общей численности личинок. Икра сардины относилась к второстепенным формам с суммарной численностью около 8%. Основная часть икры скумбрии находилась на II стадии развития (91%), сардины – на III стадии (73%). Доля нежизнеспособных икринок составляла 27% у скумбрии и 8% у сардины.

Расширение репродуктивной части ареала субтропических видов, таких как сардина и скумбрия, является одним из индикаторов климатических изменений и перестроек летнего пелагического ихтиоценаТатарского пролива.

### **Благодарности**

Автор выражает признательность всем сотрудникам СахНИРО, принимавшим участие в сборе материала, и лично заведующему Лабораторией гидробиологии Корнееву Егору Сергеевичу за организацию экспедиционных работ и ведущему специалисту этой лаборатории Атамановой Инге Алексеевне за помощь в отборе материала.

### **Конфликт интересов**

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

### **Соблюдение этических норм**

Все применимые этические нормы соблюдены.

### **Финансирование**

Исследования выполнены в рамках выполнения государственного задания ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО».

### **ЛИТЕРАТУРА**

Байталюк А.А., Радченко В.И. 2024. Современное состояние и тенденции промыслового запаса японского анchoуса *Engraulis japonicus* (Engraulidae) в российских водах Японского моря // Известия ТИНРО. Т. 204. Вып. 2. С. 257-275. DOI 10.26428/1606-9919-2024-204-257-275.

Беляев В.А. 1986. Японская скумбрия. Обыкновенные скумбрии // Биологические ресурсы Тихого океана. М.: Наука. С. 259-268.

Веденский А.Н. 1951. Материалы по биологии скумбрии Японского моря // Известия ТИНРО. Т. 34. С. 47-66.

Веденский А.П. 1953. Биология скумбрии Японского моря: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Владивосток: ДФ АН СССР. 24 с.

Великанов А.Я. 2006. Новая волна миграций рыб южных широт к берегам Сахалина // Вестник Сахалинского музея. № 13. С. 265-278.

Великанов А.Я. 2016. Миграции дальневосточной сардины *Sardinops melanostictus* к берегам острова Сахалин в XX – начале XXI столетия // Вопросы ихтиологии. Т. 56. № 5. С. 548-561.

Великанов А.Я., Буслов А.В., Никитин В.Д., Кусайлло О.В., Цхай Ж.Р., Латковская Е.М., Фролов Е.В., Лысикова А.С. 2012. Очередное появление дальневосточной сардины *Sardinops melanostictus* (Clupeidae) у западного побережья Сахалина // Известия ТИНРО. Т. 171. С. 62-68.

Великанов А.Я., Ким С.Т., Цхай Ж.Р., Пометеев Е.В., Полтев Ю.Н., Заварзина Н.К. 2017. О миграциях, распространении и численности дальневосточной сардины (*Sardinops melanostictus*) у западного побережья Сахалина в 2015 году // Вестник Сахалинского музея. № 24. С. 291-304.

Великанов А.Я., Мухаметов И.Н., Шевченко Г.В., Заварзина Н.К. 2025. Биологическая характеристика японского анchoуса *Engraulis japonicus* (Engraulidae) в период сезонных миграций у берегов о. Сахалин в 2000-2023 гг. // Вопросы рыболовства. Т. 26. № 1. С. 59-76. DOI 10.36038/0234-2774-2025-26-1-59-76.

Давыдова С.В. 1994. Встречаемость икры дальневосточной сардины и японского анchoуса в заливе Петра Великого (Японское море) // Известия ТИНРО. Т. 115. С 130-136.

Дехник Т.В. 1959. Размножение и развитие японской скумбрии *Pneumatophorus japonicus* (Houttuyn) у берегов Южного Сахалина // Исследования дальневосточных морей. Т. 6. С. 97-108.

Долганова Н.Т. 2010. Зоопланктон Японского моря как потенциальная кормовая база для пастьбшного выращивания лососей // Известия ТИНРО. Т. 163. С. 311-337.

Дьяков Б.С. 2011. Крупномасштабные колебания в системе океан – атмосфера и перспектива сверхдолгосрочного прогноза температуры воды Японского моря // Известия ТИНРО. Т. 165. С. 281-299.

Мухаметова О.Н. 2004. Некоторые особенности пространственного распределения и развития икры и личинок японского анchoуса *Engraulis japonicus* (Engraulidae) // Вопросы ихтиологии. Т. 44. № 2. Р. 239-248.

Мухаметова О.Н., Баланов А.А. 2013. Ихиопланктон лагунных озёр юго-восточной части острова Сахалин-Южно-Сахалинск: СахНИРО. 188 с.

Новиков Ю.В. 1979. Сардина, скумбрия, сайра. Промысловобиологическое описание Владивосток: ТИНРО. 67 с.

Песенко Ю.А. 1982. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука. 288 с.

Расс Т.С., Казанова И.И. 1966. Методическое руководство по сбору икринок, личинок и мальков рыб. М: Пищевая промышленность 43 с.

Хен Г.В., Устинова Е.И., Сорокин Ю.Д. 2020. Многолетние изменения термических условий на поверхности дальневосточных морей и СЗТО и их связь с крупномасштаб-

- ными климатическими процессами // Известия ТИНРО. Т. 202. Вып. 1. С. 187-207. DOI 10.26428/1606-9919-2022-202-187-207.
- Шевченко Г.В., Ложкин Д.М. 2023. Сезонные и межгодовые вариации температуры поверхности моря в Татарском проливе по спутниковым данным // Геосистемы переходных зон. Т. 7. № 3. С. 276-291. DOI 10.30730/grz.2023.7.3.276-291.
- Шелехов В.А., Епур И.В., Баланов А.А. 2020. Видовой состав и структура ихтиопланктона северной части Японского моря в летний период 2017 г. // Вопросы ихтиологии. Т. 60. № 1. С. 40-51. DOI 10.31857/S0042875220010178.
- Baek S.I., Ji S.C., Cho J-H. 2025. Reproductive cycle of cultured chub mackerel (*Scomber japonicus*), in a land-based tank system in Jeju Island, Korea // Front. Mar. Sci. 12:1617181. 15 p. DOI 10.3389/fmars.2025.1617181.
- Bai X., Gao L., Choi S. 2022. Exploring the response of the Japanese Sardine (*Sardinops melanostictus*) stock-recruitment relationship to environmental changes under different structural models // Fishes. V. 7. № 5. 276. 20. p. DOI 10.3390/fishes7050276.
- Castro Hernández J.J.; Santana Ortega A.T. 2000. Synopsis of biological data on the chub mackerel (*Scomber japonicus* Houttuyn, 1782). FAO Fisheries Synopsis. No. 157. Rome, FAO. 77 p.
- Chen Y., Hu G., Zhao Z., Chen X., Liu B. 2024. Feeding Habits of *Scomber japonicus* Inferred by Stable Isotope and Fatty Acid Analyses // J. Mar. Sci. Eng. V. 12. 18 p. 1335. DOI 10.3390/jmse12081335.
- Funamoto T., Aoki I. 2002. Reproductive ecology of Japanese anchovy off the Pacific coast of eastern Honshu, Japan // Journal of Fish Biology. V. 60. P. 154-169. DOI 10.1111/j.1095-8649.2002.tb02395.x.
- Furuichi, S., Yasuda T., Kurota H., Yoda M., Suzuki K., Takahashi M., Fukuwaka M. 2020. Disentangling the Effects of Climate and Density-Dependent Factors on Spatiotemporal Dynamics of Japanese Sardine Spawning // Marine Ecology Progress Series. V. 633. P. 157-168. DOI 10.3354/meps13169.
- Houde E.D. 2008. Emerging from Hjort's Shadow // J. Northwest Atl. Fish. Sci. V. 41. P. 53-70. DOI 10.2960/J.v41.m634
- Kanamori Y., Takasuka A., Nishijima S., Okamura H. 2019. Climate change shifts the spawning ground northward and extends the spawning period of chub mackerel in the western north pacific // Mar. Ecol. Prog. Ser. V. 624. P. 155-166. DOI 10.3354/meps13037.
- Kaneko H., Okunishi T., Seto, T., Kuroda H., Itoh S., Kouketsu S. et al. 2019. Dual effects of reversed winter-spring temperatures on year-to-year variation in the recruitment of chub mackerel (*Scomber japonicus*) // Fish. Oceanogr. V. 28. № 2. P. 212-227. DOI 10.1111/fog.12403.
- Kim D.K., Kim J.D., Yoon S.J., Hwang G.H., Kim E.O., Son S.G. et al. 2008. Development of the Eggs, Larvae and Juveniles by Artificially-Matured Pacific Mackerel, *Scomber japonicus* in the Korean Waters // Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. V. 41. № 6. P. 471-477. DOI 10.5657/kfas.2008.41.6.471.
- Kodama T., Igeta Y., Yasuda T., Muko S. 2025. Habitat Suitability Modeling Predicts Two Migratory Groups of the Japanese Sardine, *Sardinops melanostictus*, in the Sea of Japan // Fisheries Oceanography V. 0. P. 1-13. DOI 10.1111/fog.70010.
- Kume G., Shigemura T., Okanishi M., Hirai J., Shiozaki K., Ichinomiya M. et al. 2021. Distribution, feeding habits, and growth of Chub Mackerel, *Scomber japonicus*, larvae during a high-stock period in the Northern Satsunan area, Southern Japan // Front. Mar. Sci. V. 8. 725227. 14 p. DOI 10.3389/fmars.2021.725227.
- Matsuoka M., Konishi Y. 2001. Abundance and distributional changes of Japanese sardine [*Sardinops melanostictus*] eggs around Kyushu, Japan, from 1979 to 1995 // Bulletin of the Japanese Society of Fisheries Oceanography. V. 65. № 2. P. 67-73.
- Matsuoka M. 2008. Studies on early development and spawning ecology in Japanese Sardine *Sardinops melanostictus* // Bull. Fish. Res. Agen. № 22. 87-183.
- Morimoto H. 2010. Temporal and spatial changes in the reproductive characteristics of female Japanese sardine *Sardinops melanostictus* and their effects on the population dynamics // Bull. Jpn. Soc. Fish. Oceanogr. V. 74. p. 35-45.
- Moukhamedova O.N. 2014. Reproductive and nursery potential of nearshore area in the East of Tatarskyi Strait // Proceedings of the 29th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice. Mombetsu, Hokkaido, Japan, 16-19 February 2014. Mombetsu. P. 288-291.
- Moukhamedova O.N. 2012. Ichthyoplankton as an indicator of fish reproduction in Tatarskiy Strait (Japan Sea) // Proceedings of the 27th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice. Mombetsu, Hokkaido, Japan, 19-24 February 2012. Mombetsu. P. 133-136.
- Mukhametova O.N., Balanov A.A. 2013. Ichthyoplankton of lagoon lakes of the southeastern part of Sakhalin. Yuzhno-Sakhalinsk Island: SakhNIRO. 188 p.
- Murata O., Yamamoto S., Ishibashi R., Oka Y., Yoneshima H., Kato K. et al. 2005. Egg development and growth of larval and juvenile cultured Chub Mackerel *Scomber japonicus* (Perciformes: Scombridae) in a captive spawning experiment // Aquaculture Science Japan. V. 53. № . 3. P. 319-324. DOI 10.11233/aquaculturesci1953.53.319.
- Nande M., Pérez M., Presa P. 2024. The embryo-oil drop assembly: the timing and morphology of a critical event for fish early-life history survival // Scientific Reports. V. 14. 6918. P. 15. DOI 10.1038/s41598-024-57429-9.
- Park H.-S., Song S.H., Jeong J.M., Yang J.H., Kim C. 2025. Comparison of the Feeding Characteristics of Chub Mackerel *Scomber japonicus* in Jeju Island and the Yellow Sea of Korea // Water. V. 17. 19 p. 1804. DOI 10.3390/w17121804.
- Sarr O., Kindong R., Tian S. 2021. Knowledge on the biological and fisheries aspects of the Japanese Sardine, *Sardinops melanostictus* (Schlegel, 1846) // J. Mar. Sci. Eng. V. 9. 1403. 19 p. DOI 10.3390/jmse9121403.
- Takasuka A., Oozeki Y., Kubota H., Lluch-Cota S.E. 2008. Contrasting spawning temperature optima: Why are

- anchovy and sardine regime shifts synchronous across the North Pacific? // *Prog. Oceanogr.* V. 77. P. 225-232. DOI 10.1016/j.pocean.2008.03.008.
- Wang N., Teletchea F., Kestemont P., Milla S., Fontaine P.* 2010. Photothermal control of the reproductive cycle in temperate fishes. *Rev. Aquacult.* V. 2. P. 209-222. DOI 10.1111/j.1753-5131.2010.01037.x
- Yang C., Han H., Zhang H., Shi Y., Su B., Jiang P. et al.* 2023. Assessment and management recommendations for the status of Japanese sardine *Sardinops melanostictus* population in the Northwest Pacific // *Ecological Indicators*. V. 148. 110111. 9 p. DOI 10.1016/j.ecolind.2023.110111.
- Yatsu A.* 2019. Review of population dynamics and management of small pelagic fishes around the Japanese archipelago // *Fish. Sci.* V. 85. P. 611-639. DOI 10.1007/s12562-019-01305-3.
- Yoneda M., Kitano H., Nyuji M., Nakamura M., Takahashi M., Kawabata A. et al.* 2022. Maternal spawning experience and thermal effects on offspring viability of chub mackerel and their influence on reproductive success. *Front. Mar. Sci.* 9:1063468. 20 p. DOI 10.3389/fmars.2022.1063468.
- Yukami R., Ohshima S., Yoda M., Hiyama Y.* 2009. Estimation of the spawning grounds of chub mackerel *Scomber japonicus* and spotted mackerel *Scomber australasicus* in the East China Sea based on catch statistics and biometric data // *Fish. Sci.* V. 75. P. 167-174. DOI 10.1007/s12562-008-0015-7.
- Ward T.M., Grammer G.L., Ivey A.R.* 2021. Spawning biomass of Blue Mackerel (*Scomber australasicus*) and Australian Sardine (*Sardinops sagax*) in the East sub-area of the small pelagic fishery // Report to the Australian Fisheries Management Authority. RR2019/0804. March. P. 54.
- Zhang W., Yu H., Ye Zh., Tian Y., Liu Y., Li J., Xing Q., Jiang Y.* 2021. Spawning strategy of Japanese anchovy *Engraulis japonicus* in the coastal Yellow Sea: Choice and dynamics // *Fisheries Oceanography*. V. 30. № 4. P. 366-381. DOI 10.1111/fog.12523
- REFERENCES**
- Baitaliuk A.A., Radchenko V.I.* 2024. Current status and trends for commercial stock of Japanese anchovy *Engraulis japonicus* (Engraulidae) in Russian waters of the Japan Sea. *Izvestiya TINRO*. V. 204. № 2. P. 257-275. (In Russ.) DOI 10.26428/1606-9919-2024-204-257-275.
- Belyaev V.A.* 1986. Chub mackerel. Common mackerels // *Biological resources of the Pacific Ocean*. Moscow: Nauka. P. 259-268. (In Russ.).
- Vedensky A.N.* 1951. Materials on the biology of mackerel of the Japan Sea // *Izvestia TINRO*. Vol. 34. P. 47-66. (In Russ.).
- Vedensky A.P.* 1953. Biology of mackerel of the Japan Sea: Abstract of a dissertation for of philosophy doctor degree. Vladivostok: Far-East Branch of USSR Academy of Sciences. 24 p. (In Russ.).
- Velikanov A.Ya.* 2006. New wave of fish migrations from southern latitudes to the shores of Sakhalin Island // *Bulletin of the Sakhalin Museum*. № . 13. P. 265-278. (In Russ.).
- Velikanov A.Y.* 2016. Pacific sardine (*Sardinops melanostictus*) migrations to the shores of Sakhalin Island in the 20th-early 21st centuries // *J. Ichthyol.* V. 56. P. 715-727. DOI 10.1134/S0032945216040147 (In Russ.).
- Velikanov A.Ya., Nikitin V.D., Kusailo O.V., Tshay Zh.R., Latkovskaya E.M. et al.* 2012. New appearance of Japanese sardine *Sardinops melanostictus* (Clupeidae) at the western coast of Sakhalin // *Izvestiya TINRO*. V. 171. P. 62-68. (In Russ.).
- Velikanov A.Ya., Kim S.T., Tshai Zh.R., Pometeev E.V., Poltev Yu.N., Zavarzina N.K.* 2017. On the migrations, distribution and abundance of the Pacific sardine (*Sardinops melanostictus*) off the western coast of Sakhalin in 2015 // *Bulletin of the Sakhalin Museum*. No. 24. P. 291-304. (In Russ.).
- Velikanov A.Ya., Mukhametov I.N., Shevchenko G.V., Zavarzina N.K.* 2025 Biological characteristics of the Japanese anchovy *Engraulis japonicus* (Engraulidae) during seasonal migrations off the Sakhalin island in 2000-2023 // *Fisheries Issues* V. 26. № 1. P. 59-76. (In Russ.) DOI 10.36038/0234-2774-2025-26-1-59-76.
- Davydova S.V.* 1994. Occurrence of Pacific sardine and Japanese anchovy eggs in the Bay of Peter the Great (the Sea of Japan) // *TINRO News*. V. 115. P. 130-136. (In Russ.).
- Dekhnik T.V.* 1959. Reproduction and development of chub mackerel *Pneumatophorus japonicus* (Houttuyn) off the coast of Southern Sakhalin // *Research of the Far Eastern Seas*. V. 6. P. 97-108. (In Russ.).
- Dolganova N.T.* 2010. Zooplankton in the Japan Sea as a potential forage base for salmons pasturing // *Izvestiya TINRO*. V. 163. P. 311-337. (In Russ.).
- Dyakov B.S.* 2011. Large-scale fluctuations in the ocean-atmosphere system and prospects of long-term forecasting for water temperature of the Japan Sea // *Izvestiya TINRO*. V. 165. P. 231-250. (In Russ.).
- Mukhametova O.N.* 2004. Some characteristics of spatial distribution and development of eggs and larvae in the Japanese anchovy *Engraulis japonicus* (Engraulidae) in waters off Sakhalin // *Journal of Ichthyology*. V. 44. № 2. P. 158-166.
- Novikov Yu.V.* 1979. Sardine, mackerel, saury. Commercial and biological description. Vladivostok: TINRO. 67 p. (In Russ.).
- Pesenko Yu.A.* 1982. Principles and methods of quantitative analysis in faunistic studies. Moscow: Nauka. 288 p. (In Russ.).
- Rass T.S., Kasanova I.I.* 1966. Methodological guide for collecting of fish eggs, larvae and fry. Moscow: Food industry, 43 p. (In Russ.).
- Khen G.V., Ustinova E.I., Sorokin Yu.D.* 2022. Long-term changes in thermal conditions on the surface of the Far-Eastern Seas and North-West Pacific and their relationship with large-scale climate processes // *Izvestiya TINRO*. V. 202. № 1. P. 187-207. (In Russ.) DOI 10.26428/1606-9919-2022-202-187-207

- Shevchenko G.V., Lozhkin D.M.* 2023. Seasonal and interannual variations in sea surface temperature in the Tatar Strait according to satellite data. Geosistemy perehodnykh zon = Geosystems of Transition Zones, V. 7. № 3. P. 276-291. (In Russ.) DOI 10.30730/gtrz.2023.7.3.276-291
- Shelekhov V.A., Epur I.V., Balanov A.A.* 2020. Species Composition and Structure of Ichthyoplankton of the Northern Part of the Sea of Japan in Summer of 2017 // J. Ichthyol. V. 60. P. 36-47. DOI 10.1134/S0032945220010154
- Baek S.I., Ji S.C., Cho J-H.* 2025. Reproductive cycle of cultured chub mackerel (*Scomber japonicus*), in a land-based tank system in Jeju Island, Korea // Front. Mar. Sci. 12:1617181. 15 p. DOI 10.3389/fmars.2025.1617181
- Bai X., Gao L., Choi S.* 2022. Exploring the response of the Japanese Sardine (*Sardinops melanostictus*) stock-recruitment relationship to environmental changes under different structural models // Fishes. V. 7. № 5. 276. 20. p. DOI 10.3390/fishes7050276
- Castro Hernández J.J.; Santana Ortega A.T.* 2000. Synopsis of biological data on the chub mackerel (*Scomber japonicus* Houttuyn, 1782). FAO Fisheries Synopsis. No. 157. Rome, FAO. 77 p.
- Chen Y., Hu G., Zhao Z., Chen X., Liu B.* 2024. Feeding Habits of *Scomber japonicus* Inferred by Stable Isotope and Fatty Acid Analyses // J. Mar. Sci. Eng. V. 12. 18 p. 1335. DOI 10.3390/jmse12081335
- Funamoto T., Aoki I.* 2002. Reproductive ecology of Japanese anchovy off the Pacific coast of eastern Honshu, Japan // Journal of Fish Biology. V. 60. P. 154-169. DOI 10.1111/j.1095-8649.2002.tb02395.x
- Furuichi S., Yasuda T., Kurota H., Yoda M., Suzuki K., Takahashi M., Fukuwaka M.* 2020. Disentangling the Effects of Climate and Density-Dependent Factors on Spatiotemporal Dynamics of Japanese Sardine Spawning // Marine Ecology Progress Series. V. 633. P. 157-168. DOI 10.3354/meps13169
- Houde E.D.* 2008. Emerging from Hjort's Shadow // J. Northwest Atl. Fish. Sci. V. 41. P. 53-70. DOI 10.2960/J.v41.m634
- Kanamori Y., Takasuka A., Nishijima S., Okamura H.* 2019. Climate change shifts the spawning ground northward and extends the spawning period of chub mackerel in the western north pacific // Mar. Ecol. Prog. Ser. V. 624. P. 155-166. DOI 10.3354/meps13037
- Kaneko H., Okunishi T., Seto T., Kuroda H., Itoh S., Kouketsu S. et al.* 2019. Dual effects of reversed winter-spring temperatures on year-to-year variation in the recruitment of chub mackerel (*Scomber japonicus*) // Fish. Oceanogr. V. 28. № 2. P. 212-227. DOI 10.1111/fog.12403
- Kim D.K., Kim J.D., Yoon S.J., Hwang G.H., Kim E.O., Son S.G. et al.* 2008. Development of the Eggs, Larvae and Juveniles by Artificially-Matured Pacific Mackerel, *Scomber japonicus* in the Korean Waters // Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. V. 41. № 6. P. 471-477. DOI 10.5657/kfas.2008.41.6.471
- Kodama T., Igeta Y., Yasuda T., Muko S.* 2025. Habitat Suitability Modeling Predicts Two Migratory Groups of the Japanese Sardine, *Sardinops melanostictus*, in the Sea of Japan // Fisheries Oceanography V. 0. P. 1-13. DOI 10.1111/fog.70010.
- Kume G., Shigemura T., Okanishi M., Hirai J., Shiozaki K., Ichinomiya M. et al.* 2021. Distribution, feeding habits, and growth of Chub Mackerel, *Scomber japonicus*, larvae during a high-stock period in the Northern Satsunan area, Southern Japan // Front. Mar. Sci. V. 8. 725227. 14 p. DOI 10.3389/fmars.2021.725227
- Matsuoka M., Konishi Y.* 2001. Abundance and distributional changes of Japanese sardine [*Sardinops melanostictus*] eggs around Kyushu, Japan, from 1979 to 1995 // Bulletin of the Japanese Society of Fisheries Oceanography. V. 65. № 2. P. 67-73.
- Matsuoka M.* 2008. Studies on early development and spawning ecology in Japanese Sardine *Sardinops melanostictus* // Bull. Fish. Res. Agen. № 22. 87-183.
- Morimoto H.* 2010. Temporal and spatial changes in the reproductive characteristics of female Japanese sardine *Sardinops melanostictus* and their effects on the population dynamics // Bull. Jpn. Soc. Fish. Oceanogr. V. 74. p. 35-45.
- Moukhamedova O.N.* 2014. Reproductive and nursery potential of nearshore area in the East of Tatarskyi Strait // Proceedings of the 29th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice. Mombetsu, Hokkaido, Japan, 16-19 February 2014. Mombetsu. P. 288-291.
- Moukhamedova O.N.* 2012. Ichthyoplankton as an indicator of fish reproduction in Tatarskiy Strait (Japan Sea) // Proceedings of the 27th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice. Mombetsu, Hokkaido, Japan, 19-24 February 2012. Mombetsu. P. 133-136.
- Mukhametova O.N., Balanov A.A.* 2013. Ichthyoplankton of lagoon lakes of the southeastern part of Sakhalin. Yuzhno-Sakhalinsk Island: SakhNIRO. 188 p.
- Murata O., Yamamoto S., Ishibashi R., Oka Y., Yoneshima H., Kato K. et al.* 2005. Egg development and growth of larval and juvenile cultured Chub Mackerel *Scomber japonicus* (Perciformes: Scombridae) in a captive spawning experiment // Aquaculture Science Japan. V. 53. № . 3. P. 319-324. DOI 10.11233/aquaculturesci1953.53.319
- Nande M., Pérez M., Presa P.* 2024. The embryo-oil drop assembly: the timing and morphology of a critical event for fish early-life history survival // Scientific Reports. V. 14. 6918. P. 15. DOI 10.1038/s41598-024-57429-9
- Park H.-S., Song S.H., Jeong J.M., Yang J.H., Kim C.* 2025. Comparison of the Feeding Characteristics of Chub Mackerel *Scomber japonicus* in Jeju Island and the Yellow Sea of Korea // Water. V. 17. 19 p. 1804. DOI 10.3390/w17121804
- Sarr O., Kindong R., Tian S.* 2021. Knowledge on the biological and fisheries aspects of the Japanese Sardine, *Sardinops melanostictus* (Schlegel, 1846) // J. Mar. Sci. Eng. V. 9. 1403. 19 p. DOI 10.3390/jmse9121403.
- Takasuka A., Oozeki Y., Kubota H., Lluch-Cota S.E.* 2008. Contrasting spawning temperature optima: Why are anchovy and sardine regime shifts synchronous across the North Pacific? // Prog. Oceanogr. V. 77. P. 225-232. DOI 10.1016/j.pocean.2008.03.008

- Wang N., Teletchea F., Kestemont P., Milla S., Fontaine P. 2010. Photothermal control of the reproductive cycle in temperate fishes. Rev. Aquacult. V. 2. P. 209-222. DOI 10.1111/j.1753-5131.2010.01037.x
- Yang C., Han H., Zhang H., Shi Y., Su B., Jiang P. et al. 2023. Assessment and management recommendations for the status of Japanese sardine *Sardinops melanostictus* population in the Northwest Pacific // Ecological Indicators. V. 148. 110111. 9 p. DOI 10.1016/j.ecolind.2023.110111
- Yatsu A. 2019. Review of population dynamics and management of small pelagic fishes around the Japanese archipelago // Fish. Sci. V. 85. P. 611-639. DOI 10.1007/s12562-019-01305-3
- Yoneda M., Kitano H., Nyuji M., Nakamura M., Takahashi M., Kawabata A. et al. 2022. Maternal spawning experience and thermal effects on offspring viability of chub mackerel and their influence on reproductive success. Front. Mar. Sci. 9:1063468. 20 p. DOI 10.3389/fmars.2022.1063468
- Yukami R., Ohshima S., Yoda M., Hiyama Y. 2009. Estimation of the spawning grounds of chub mackerel *Scomber japonicus* and spotted mackerel *Scomber australasicus* in the East China Sea based on catch statistics and biometric data // Fish. Sci. V. 75. P. 167-174. DOI 10.1007/s12562-008-0015-7
- Ward T.M., Grammer G.L., Ivey A.R. 2021. Spawning biomass of Blue Mackerel (*Scomber australasicus*) and Australian Sardine (*Sardinops sagax*) in the East sub-area of the small pelagic fishery // Report to the Australian Fisheries Management Authority. RR2019/0804. March. P. 54.
- Zhang W., Yu H., Ye Zh., Tian Y., Liu Y., Li J., Xing Q., Jiang Y. 2021. Spawning strategy of Japanese anchovy *Engraulis japonicus* in the coastal Yellow Sea: Choice and dynamics // Fisheries Oceanography. V. 30. № 4. P. 366-381. DOI 10.1111/fog.12523

Поступила в редакцию 06.10.2025 г.  
Принята после рецензий 27.10.2025 г.