



Условия нереста японского анчоуса *Engraulis japonicus* (Engraulidae) в юго-восточной части Сахалинского залива (Охотское море)

О. Н. Мухаметова[@], И. Н. Мухаметов

^{@E-mail:} olga.sakhniro@gmail.com

Сахалинский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства
и океанографии (СахНИРО), Южно-Сахалинск, Россия

Резюме. В работе представлены результаты исследований условий нереста японского анчоуса *Engraulis japonicus* в юго-восточной части Сахалинского залива в конце августа 2011 г. Развитие икры и личинок происходило в широком диапазоне температуры воды и солености. Тем не менее при нересте анчоус избегал районов вторжения холодных охотоморских вод, сильно опресненных амурских вод и районов действия береговых стоков с мутностью более 7 FTU и соленостью менее 10 ‰. Массовый нерест происходил в ограниченном диапазоне глубин 13–15 м при средней температуре 9.9 °С во всем слое и 15.4 °С у поверхности, солености – 22.1 и 19.3 ‰ и мутности 1.9 и 2.3 FTU соответственно. Высокие концентрации икры – до 657 экз./м³ в толще воды и до 223 экз./м³ в поверхностном слое – формировались на локальных участках с высокой продуктивностью планктонных и бентосных сообществ. Участок максимальных скоплений икры совпадал с заглужением вод с температурой 8–10 °С и более до горизонта 10 м. В этом слое наблюдалось стабильное содержание кислорода – в пределах 8–10 мг/л, и невысокая мутность – до 2 FTU. Доля нежизнеспособных икринок была – от 0.7 % в поверхностном слое до 4.4 % в толще воды. Общая продолжительность нереста в Сахалинском заливе, предположительно, составляла 1.5 мес.

Ключевые слова: Сахалинский залив, японский анчоус, икра, личинки, плотность, распределение, факторы среды

Spawning conditions of Japanese anchovy *Engraulis japonicus* (Engraulidae) in the southeastern part of Sakhalin Gulf (the Sea of Okhotsk)

Olga N. Moukhametova[@], Ilias N. Moukhametov

^{@E-mail:} olga.sakhniro@gmail.com

Sakhalin Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography
(SakhNIRO), Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

Abstract. This paper presents the results of studies of the spawning conditions of Japanese anchovy *Engraulis japonicus* in the southeastern part of Sakhalin Gulf at the end of August 2011. The development of eggs and larvae occurred over a wide range of temperature and salinity. Nevertheless, during spawning, anchovy avoided the areas of the intrusion of cold waters of the Sea of Okhotsk, strongly desalinated Amur waters and the areas of coastal runoff with turbidity greater than 7 FTU and salinity less than 10 ‰. Mass spawning occurred within a limited depth range of 13–15 m with an average temperature of 9.9 °C throughout the whole layer and 15.3 °C at the surface, salinity of 22.1 and 19.3 ‰ and water turbidity of 1.9 and 2.3 FTU, respectively. High abundance of eggs – up to 657 eggs/m³ in the water column and up to 223 eggs/m³ in the surface layer – were formed in local areas with high productivity of planktonic and benthic communities. The area of maximum concentration of eggs coincided with the deepening of waters with temperatures of 8–10 °C and higher up to the 10 m layer. In this layer, stable oxygen content of 8–10 mg/l and low turbidity of up to 2 FTU were observed. The proportion of non-viable eggs was low, from 0.7 % in the surface layer to 4.4 % in the water column. The total duration of spawning in Sakhalin Gulf was assumed to be 1.5 months.

Keywords: Sakhalin Gulf, Japanese anchovy, eggs, larvae, abundance, distribution, environmental factors

Для цитирования: Мухаметова О.Н., Мухаметов И.Н. Условия нереста японского анчоуса *Engraulis japonicus* (Engraulidae) в юго-восточной части Сахалинского залива (Охотское море). *Геосистемы переходных зон*, 2025, т. 9, № 3, с. 299–324. <https://doi.org/10.30730/gtr.2025.9.3.299-324>; <https://www.elibrary.ru/klqatc>

For citation: Moukhametova O.N., Moukhametov I.N. Spawning conditions of Japanese anchovy *Engraulis japonicus* (Engraulidae) in the southeastern part of Sakhalin Gulf (the Sea of Okhotsk). *Geosistemy perehodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2025, vol. 9, No. 3, pp. 299–324. (In Russ.). <https://doi.org/10.30730/gtr.2025.9.3.299-324>

Введение

Японский анчоус *Engraulis japonicus* Temmink et Schlegel, 1846 является мелким, короткоцикловым стайным пелагическим видом, основная часть ареала которого находится в Желтом, Восточно-Китайском и Японском морях. Численность анчоуса подвержена значительным межгодовым колебаниям как из-за активного промысла в странах юго-восточной Азии, так и под влиянием факторов среды, в том числе климатических [1–4]. При высокой численности в теплый период года анчоус совершает нагульно-нерестовые миграции к берегам о. Сахалин [5]. Вдоль западного побережья острова он может подниматься далеко на север и через прол. Невельского проникать в Амурский лиман и в Сахалинский залив [6–8]. Вдоль восточного побережья достигает 53° с.ш. [9, 10].

Температура, как регулятор физиологических процессов эмбрионов и личинок, является одним из основных факторов, инициирующих икротетание анчоуса [11–13]. Широкий диапазон температур во время нереста – от 13–15 °С до 29 °С для прибрежных группировок [2, 4, 14–16], 5–12.6 °С и выше для мигрирующих группировок [17] – позволил отнести этот вид к эвритермным [18]. В центральной части ареала нерест анчоуса может длиться практически круглогодично. Для тихоокеанских вод Японии съемками подтверждено икротетание с января по октябрь [19]. По мере продвижения на север вымет икры сдвигается на более поздние сроки [20], нерестовый период сокращается. В водах Приморья основной нерест приходится на май–июль [21, 22], в Охотском море и в Татарском проливе – на июль–август [23–26], в отдельные годы может продолжаться до октября [27].

Порционный нерест приходится преимущественно на темное время суток [14]. В зави-

симости от условий интервал между выметами порций составляет от одного до девяти дней [17]. В период массового нереста для анчоуса характерно образование плотных скоплений икры, размеры которых чаще всего не превышают 0.3 км [28].

Вымет икры происходит в широком диапазоне солености – от морской и близкой к морской (27.3–34.8 ‰, в среднем 33.3 ‰) в водах, омывающих Корейский п-ов [12], до очень вариабельных величин в эстуариях – 2.9–31.6 ‰ в районе р. Янцзы [11] и 4.3–32.8 ‰ в районе р. Хуанхэ [29]. Тем не менее, икра анчоуса не образует массовых концентраций в сильно опресненных районах и распределяется преимущественно у внешней границы эстуариев [30]. Личинки и мальки, более устойчивые к пониженной солености, могут расселяться на опресненных прибрежных участках, богатых кормовыми ресурсами [12, 31]. Толерантность к изменению солености позволяет анчоусу размножаться в эстуариях крупных рек юго-восточной Азии, где большое количество выносимых биогенов обеспечивает высокие величины первичной продукции и численности кормовых организмов, что чрезвычайно важно для развития и роста личинок и молоди рыб [32–34], а гидродинамические системы способствуют удержанию икры в пределах участков массового нереста с благоприятными условиями среды [35, 36].

Несмотря на важную роль в летней экосистеме Охотского моря и Татарского пролива, а также потенциальную промысловую значимость [5, 9, 10], репродуктивная биология анчоуса у северных границ ареала практически не изучена. Вопросы, связанные с локализацией районов нереста и выростных зон, остаются открытыми. Только в одной работе обобщены данные по распределению ранних стадий развития анчоуса в период высокой численности и высказаны предположения о путях нересто-

вых миграций производителей [23]. Еще в ряде исследований приведены сведения о встречаемости икры и личинок анчоуса в отдельные годы на локальных участках [24–27, 37].

Сахалинский залив, являющийся частью внешнего эстуария р. Амур с преобладающими глубинами 20–50 м [8], относится к одному из немногих мест с очень высокими концентрациями икры и личинок анчоуса [38]. Максимальный расход р. Амур приходится на май – октябрь. В этот период происходит регулярный вынос вод амурского плюма из Амурского лимана в Сахалинский залив [39]. Юго-восточная часть залива находится под постоянным воздействием опресненных и в летний период более теплых, чем на остальной акватории залива, вод [40], образующих на выходе из Амурского лимана стоковую линзу с соленостью до 15 ‰ [41]. Эта акватория отличается максимальным выносом взвешенных веществ (ВВ), большими концентрациями фитопланктона и высокой продуктивностью [42–44].

Для Сахалинского залива характерны значительные скорости течений, достигающие на выходе из Амурского лимана 2.34 м/с [45]. Приливные течения очень мощные, но практически не изучены. Существенное влияние на динамику вод оказывают гравитационные течения. В восточной части Сахалинского залива эти течения участвуют в образовании антициклонической циркуляции, способной удерживать дрейфующие объекты до месяца [46], что важно для стабильного развития рыб на ранних стадиях онтогенеза.

Смешение охотоморских и амурских вод определяет вариабельность параметров среды в юго-восточной части Сахалинского залива. Амурский сток хорошо идентифицируется по солености, температуре, содержанию хлорофилла *a*, мутности, уровню моря [44, 47]. На восточную часть исследуемой акватории большое влияние оказывает также сток заливов Байкал и Помрь. Наличие на выходе из зал. Байкал острова Уш и двух проливов – Восточного и Западного проходов, приводит к формированию сложной гидродинамики на прилегающих участках Сахалинского залива [48]. Поступление больших объемов теплых опресненных вод совпадает с нерестовым периодом многих видов рыб, в том числе японского анчоуса, совер-

шающего в Сахалинский залив протяженные нагульно-нерестовые миграции.

Цель данной работы – анализ условий среды и их влияния на распределение икры и личинок анчоуса в юго-восточной части Сахалинского залива.

Материал и методика

В странах юго-восточной Азии, где развит масштабный промысел японского анчоуса и изучению его репродуктивной биологии уделяют большое внимание, для получения необходимых данных широко применяют ихтиопланктонные съемки [12, 19, 49]. Для изучения нереста анчоуса в юго-восточной части Сахалинского залива также использованы результаты ихтиопланктонной съемки, выполненной в третьей декаде августа 2011 г. в диапазоне глубин от 0.5 до 31 м (рис. 1). До глубины 10 м отбор проб осуществляли с моторной лодки при помощи малой икорной сети ИКС-50 (площадь входного отверстия 0.2 м², размер ячеей 0.35 мм). При этом над глубиной до 1 м отбор проводили только в поверхностном слое горизонтальным тралением сети на протяжении



Рис. 1. Схема ихтиопланктонных станций и гидрологических разрезов в юго-восточной части Сахалинского залива в августе 2011 г.

Fig. 1. Map of ichthyoplankton sampling and hydrological transects in the southeastern part of Sakhalin Gulf in August 2011

100 м, на глубинах от 1 до 10 м выполняли горизонтальные обловы в поверхностном слое и вертикальные обловы от дна до поверхности.

На глубинах более 10 м ихтиопланктон отбирали с борта НИС «Дмитрий Песков» сетью ИКС-80 (площадь входного отверстия 0.5 м², размер ячеей 0.35 мм) также двумя способами – тотальным обловом от дна до поверхности и горизонтальным тралением в поверхностном слое в течение 10 мин. при скорости судна 2 узла. Суммарно было отобрано и обработано 35 проб ихтиопланктона (табл. 1).

Все ихтиопланктонные станции сопровождалось гидрологическим зондированием. Для измерения температуры, солености, мутности, содержания кислорода в прибрежной зоне использовали зонд YSI-85 фирмы YSI Incorporated (США), на глубинах более 10 м – гидрологический комплекс ICTD FSI Integrated фирмы Falmouth Scientific Inc. (США). Данные получали с дискретностью 1 м. Для анализа использовали значения параметров среды в поверхностном слое 1–0 м, в придонном слое, а также осредненные величины для всего слоя от дна до поверхности, полученные для каждой станции. Осредненные для всего слоя и для поверхностного слоя величины параметров среды сопоставляли с концентрациями икры и личинок анчоуса, полученными, соответственно, в вертикальных ловах от дна до поверхности и в горизонтальных ловах в поверхностном слое.

Камеральную обработку проб осуществляли по стандартным методикам [50]. Икру и личинок рыб под бинокляром отбирали из уловов в отдельную емкость. Затем идентифицировали виды и подсчитывали число икринок и личинок каждого вида в пробе. Для анализа проб использовали бинокляр Olympus SZX10 с окуляр-микрометром, позволяющим измерять объекты с точностью до 0.1 мм. С учетом площади входного отверстия сети

и протраленного расстояния рассчитывали количество икры и личинок в 1 м³.

В пробах определяли жизнеспособные и нежизнеспособные икринки. К нежизнеспособным относили икринки с мертвыми и аномально развивавшимися эмбрионами. При выявлении эмбриональных патологий ориентировались на описания нормального развития и известных в раннем онтогенезе рыб патологий [21, 49]. Долю нежизнеспособных икринок рассчитывали в процентах относительно общего количества выловленной икры за период съемки [49].

Для визуализации пространственного распределения параметров среды и уловов ихтиопланктона использовали программу Surfer 17.

Статистическая обработка данных выполнена в программе Statistica 10. В статистический анализ были включены пять биологических переменных (плотность икры на I–III стадиях, мертвой икры, личинок анчоуса) и пять переменных, характеризующих условия среды (глубина, температура, соленость, мутность, содержание кислорода). Проверку данных на соответствие нормальному распределению проводили в модуле «Настройка распределения» (Distribution fitting) с помощью критерия Шапиро–Уилка (Shapiro-Wilk's W test). Выбор методов дальнейшего анализа сделан исходя из того, что распределение анализируемых показателей не соответствовало нормальному. Для выявления корреляции между параметрами среды и плотностью икры и личинок использовали ранговый коэффициент корреляции Спирмена (Spearman's rank correlation coefficient), применяемый для данных, не подчиняющихся закону нормального распределения. Для оценки воздействия параметров среды на распределение икры и личинок анчоуса и выявления связи между скоплениями икры на разных стадиях развития использовали факторный анализ

Таблица 1. Информация по отбору ихтиопланктонных проб

Table 1. Information on ichthyoplankton sampling

Плавсредство	Сроки отбора	Глубина, м	Тип лова		Всего
			горизонтальный	вертикальный	
Моторная лодка	20–25.08.2011	0.5–10	8	3	11
НИС «Дмитрий Песков»	23–25.08.2011	10–30	12	12	24
<i>Итого</i>			20	15	35

(Factorial ANOVA) из раздела программы «Многомерные статистические модели» (Multivariate exploratory techniques), относящийся к аналитическим методам статистики и предназначенный для изучения множественных связей между разными факторами [51].

Результаты

Условия среды

В августе 2011 г. в юго-восточной части Сахалинского залива температура в поверхностном слое варьировала от 13.3 до 20.6 °С и в среднем составляла 17.22±2.25 °С. Наибольший прогрев отмечен в районе банки Северной. Теплые поверхностные воды отличались пониженной соленостью – в среднем 16.4±5.67 ‰ при вариациях от 8.4 до 23.9 ‰. Большая часть исследованной акватории была заполнена прогретыми до 15 °С опресненными водами с соленостью до 20 ‰. Поступление более холодных вод с более высокой соленостью наблюдалось в северной и северо-западной части акватории (рис. 2).

Придонный слой характеризовался значительным разбросом температуры и солености – от 1.01 до 17.30 °С (в среднем 6.91±4.68 °С) и от 13.9 до 32.74 ‰ (в среднем 28.85±5.38). Температурный минимум и максимум солености регистрировали в северо-западной части акватории. Прогретые до 15 °С воды с соленостью ниже 20 ‰ были отмечены только в узкой прибрежной полосе на глубинах менее 5 м.

В поверхностном слое критические значения солености – менее 26 ‰, при которых происходит смена морских сообществ на эстуарные [52, 53], наблюдались практически повсеместно, за исключением небольшого участка у северо-западной границы исследованной акватории. В придонном горизонте изогалина 26 ‰ залегала на глубинах от 5 до 10 м. Ей соответствовала средняя температура воды около 11.5 °С. Средняя соленость была близка к 30 ‰ уже в диапазоне 10–15 м и на больших глубинах увеличивалась незначительно.

Мутность варьировала у поверхности от 1.06 до 11.89 FTU при средней величине 4.26±3.19 FTU, у дна – от 0.26 до 10.67 FTU при средней величине 3.59±3.00 FTU. Воды с максимальной мутностью отмечены в юго-

восточной части акватории на границе с Амурским лиманом. Локальные очаги повышенной мутности наблюдались также в зонах активной гидродинамики – у уреза воды и в районе проливов зал. Байкал.

Максимальное содержание кислорода (до 12.25 мл/л) в поверхностном слое было отмечено посередине северной границы исследованного участка и у Западного прохода зал. Байкал. В среднем у поверхности значение составляло 9.81±1.33 мл/л. Содержание кислорода у дна колебалось от 5.85 до 10.47 (в среднем 9.22±1.08 мл/л), при этом придонные слои у Западного прохода зал. Байкал были наиболее обеднены по данному показателю.

На рис. 3 представлены вертикальные профили температуры и солености. На поперечном разрезе 1 хорошо прослеживалось распространение теплых вод с температурой 10 °С до глубины более 15 м в восточной прибрежной части и уменьшение толщины прогретого слоя до 4–5 м в западной части разреза. На продольном разрезе прогретый слой распространялся до глубины 6–11 м. Максимальное заглубление теплых вод отмечалось в северной части разреза, что могло быть следствием формирования в Сахалинском заливе антициклонического круговорота [46]. Толщина слоя с пониженными значениями солености как на продольном, так и на поперечном разрезе повторяла ход температуры.

Прогрев восточной части акватории, видимый на поперечном разрезе, был связан как с поступлением амурских вод, так и с береговым стоком. На продольном разрезе прослеживалось распространение амурских трансформированных вод.

Наиболее высокой мутностью характеризовался приповерхностный слой 0–5 м – в среднем 2.71 FTU при разбросе значений от 0.03 до 11.89 FTU. Разница между максимальным и минимальным значениями в поверхностном 5-метровом слое составляла 11.86 FTU, на горизонте 11–15 м – 10.5 FTU.

Вертикальные вариации температуры были значительными до глубины 15–20 м: разница между максимальными и минимальными величинами достигала 7 °С. В слое 0–5 м средняя температура составляла 15.45 °С, на максимальных 26–31 м снижалась до 2.60 °С.

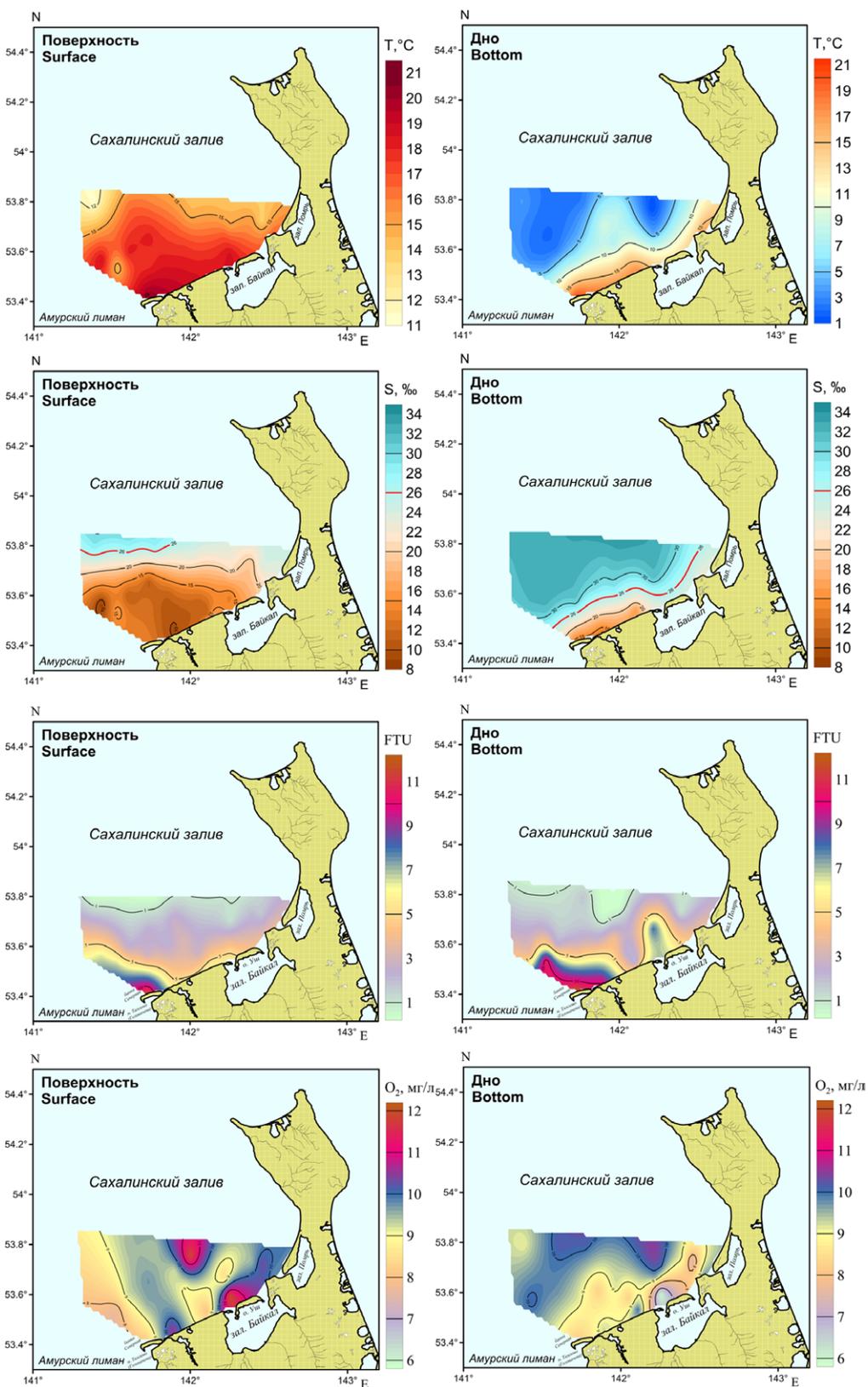


Рис. 2. Пространственное распределение параметров среды в поверхностном и придонном горизонтах в юго-восточной части Сахалинского залива в августе 2011 г. (красной линией выделена пограничная между морскими и эстуарными сообществами изогалина 26 ‰).

Fig. 2. Spatial distribution of environmental parameters in the surface and bottom layers in the southeastern part of Sakhalin Gulf in August 2011 (red line marks the boundary between the marine and estuarine communities of the 26 ‰ isohaline).

Средняя соленость возрастала с 18.7 ‰ в слое 0–5 м до 32.6 ‰ на горизонте 26–31 м. Значительная вариабельность солености была выражена преимущественно в 10-метровом приповерхностном слое, где разница достигала 20.6–22.6 ‰. В более глубоких горизонтах колебания солености сокращались до 0.4–5.0 ‰.

Если в распределении температуры, солености и мутности больше прослеживалась меридиональная направленность, что обусловлено распространением амурских вод с юга на север, то участки с повышенным содержанием кислорода распределялись мозаично. Рост концентраций до 10 мг/л и более прослеживался как в зонах активной гидродинамики у побережья, преимущественно вблизи лагунных проливов, так и в северной мористой части, находящейся под действием морских вод с низкими значениями температуры (см. рис. 2).

Икра и личинки анчоуса в сообществе ихтиопланктона

В составе ихтиопланктона юго-восточной части Сахалинского залива было отмечено 10 видов рыб из разных экологических группировок. В пробах встречались икра и личинки

элиторального минтая *Gadus chalcogrammus* Pallas, 1814. Неритический комплекс был представлен личинками рыбы-лапши *Salangichthys microdon* (Bleeker, 1860) и тихоокеанской сельди *Clupea pallasii* Valenciennes, 1847, мальками девятиглай *Pungitius pungitius* (Linnaeus, 1758) и трехглай *Gasterosteus aculeatus* Linnaeus, 1758 колюшек. Эти эвригалинные виды обычны как в лагунно-эстуарных комплексах, так и в открытом морском побережье. Из типично морских представителей донно-придонной фауны в уловах отмечены личинки тихоокеанской песчанки *Ammodytes hexapterus* Pallas, 1814 и липариса Кузнецова *Liparis kusnetzovi*, Taranetz, 1936, икра и личинки двух видов камбал – желтоперой *Limanda aspera* Pallas, 1814 и сахалинской *Limanda sakhalinensis* Hubbs, 1915.

Но, несмотря на северное положение Сахалинского залива, наиболее многочисленным видом в составе ихтиопланктона являлся субтропический мигрант – японский анчоус. Икра анчоуса формировала 94.7 % суммарной численности икры рыб в поверхностном слое и 94.2 % в толще воды. В личиночном составе ихтиопланктона на долю анчоуса приходилось 16.8 % в вертикальных ловах и 12.2 % в горизонтальных ловах (табл. 2). В толще воды

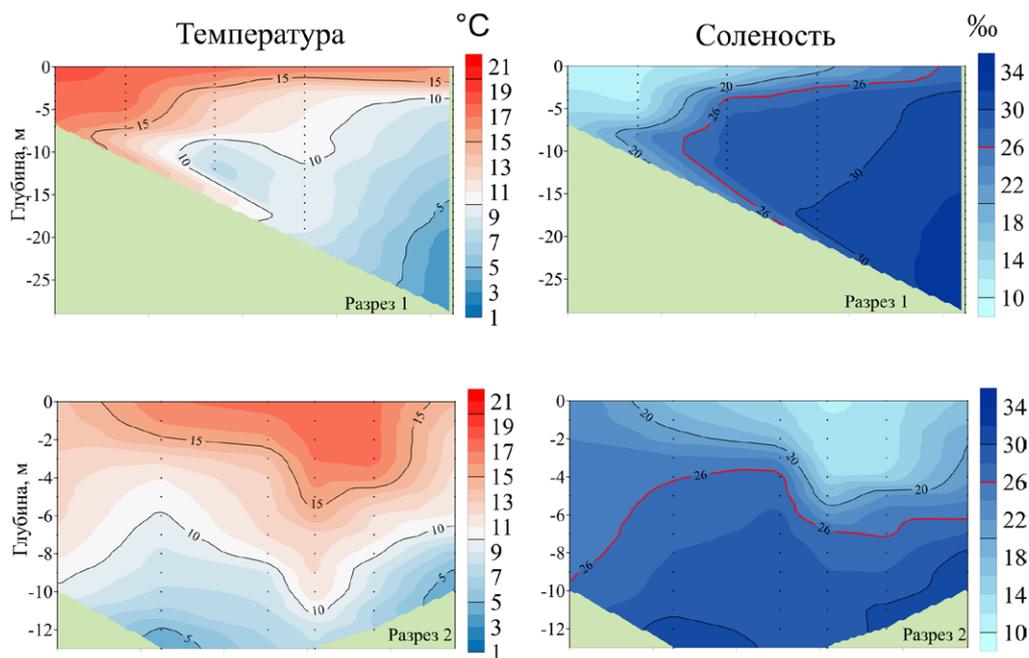


Рис. 3. Вертикальное распределение температуры и солености в юго-восточной части Сахалинского залива в августе 2011 г.

Fig. 3. Vertical distribution of temperature and salinity in the southeastern part of Sakhalin Gulf in August 2011

Таблица 2. Икра и личинки анчоуса в структуре ихтиопланктонных уловов в юго-восточной части Сахалинского залива в августе 2011 г.

Table 2. Japanese anchovy eggs and larvae in the structure of ichthyoplankton catches in the southeastern part of Sakhalin Gulf in August 2011

Показатели	Вертикальные ловы			Горизонтальные ловы		
	экз./м ³ M±sd min-max	Доля, %	ЧВ, %	экз./м ³ M±sd min-max	Доля, %	ЧВ, %
Икра <i>Engraulis japonicus</i>	83.260±213.944 0.200–656.889	94.7	67	20.628±61.930 0.006–223.300	94.2	45
Прочих видов	4.643±11.483 0.104–45.000	5.3	73	1.268±3.084 0.003–10.374	5.8	55
Всего	87.903±212.593 0.710–658.074	100.0	87	21.895±61.567 0.023–223.300	100.0	65
Личинки <i>Engraulis japonicus</i>	0.046±0.093 0.100–0.296	16.8	27	0.009±0.013 0.003–0.050	12.2	50
Прочих видов	0.228±0.337 0.104–1.136	83.2	47	0.062±0.143 0.003–0.600	87.8	70
Всего	0.274±0.386 0.104–1.364	100.0	53	0.071±0.153 0.003–0.650	100.0	70

Примечание. M±sd – среднее значение ± стандартное отклонение; ЧВ – частота встречаемости

Note. M±sd indicates average values ± standard deviation; ЧВ, frequency of occurrence.

личинки анчоуса уступали личинкам желтоперой камбалы, которые формировали почти 70 % от суммарной численности личинок всех видов; в поверхностном слое – личинкам рыбы-лапши и желтоперой камбалы, доля которых достигала 52 % и 27 % соответственно.

В вертикальных ловах частота встречаемости икры анчоуса была достаточно высокой (67 %), личинок – ниже (27 %). В горизонтальных ловах встречаемость личинок (50 %) несколько превышала встречаемость икры (45 %). Концентрации икры анчоуса были более высокими в вертикальных ловах: в среднем 83.3 экз./м³ против 20.6 экз./м³ в горизонтальных. Средняя плотность личинок по данным вертикальных ловов (0.05 экз./м³) также была выше, чем в горизонтальных (около 0.01 экз./м³).

Распределение и развитие икры и личинок анчоуса

При достаточно обширном распространении по акватории, максимальные концентрации икры анчоуса – до 559–657 экз./м³ в вертикальных ловах и до 177–223 экз./м³ в горизонтальных – были сосредоточены

на небольшом участке у северо-восточной границы изученной акватории напротив зал. Байкал (рис. 4 а, б). На остальной площади концентрации икры были меньше на несколько порядков.

Распределение личинок носило несколько иной характер. В районе зал. Байкал концентрации также были незначительно выше, чем на остальной акватории: в вертикальных ловах до 0.3 экз./м³ против 0.1–0.2 экз./м³, а в горизонтальных до 0.03 экз./м³ против 0.003–0.019 экз./м³. Но распределение личинок в целом по акватории было более однородным: различия между максимальными и минимальными значениями в основном находились в пределах одного порядка (рис. 4 с, d).

Икра анчоуса встречалась за пределами 13-метровой изобаты до предельно обследованных глубин. По данным вертикальных ловов нерест, определяемый по локализации икры на I стадии развития, наблюдался в этом же диапазоне глубин. Средняя глубина распространения I стадии составляла 19.6 м. По данным горизонтальных ловов икра на I стадии встречалась в более узком диапазоне – от 13.5 до 20.5 м, в среднем 15.8 м (табл. 3).

Таблица 3. Условия развития икры и личинок японского анчоуса в юго-восточной части Сахалинского залива в августе 2011 г. (в числителе – среднее значение ± стандартное отклонение, в знаменателе – предельные значения)

Table 3. Environment condition for the development of Japanese anchovy eggs and larvae in the southeastern part of Sakhalin Gulf in August 2011 (numerator: average value ± standard deviation; denominator: limits)

Параметры среды	Вертикальные ловы (слой дно–0 м)			Горизонтальные ловы (поверхностный слой)		
	Икра, I стадия*	Икра вся	Личинки	Икра, I стадия*	Икра вся	Личинки
<i>h</i> , м	19.63 ± 7.21 13.5–31.0	19.05 ± 6.65 13.5–31.0	18.08 ± 9.18 8.8–30.0	15.8 ± 3.22 13.5–20.5	17.54 ± 4.46 13.5–25.5	18.15 ± 9.23 0.5–31.0
<i>T</i> , °C	9.94 ± 2.54 6.23–13.81	10.11 ± 2.31 6.23–13.81	12.27 ± 4.16 7.45–17.57	15.42 ± 1.14 14.09–16.9	15.25 ± 2.11 11.29–18.2	15.52 ± 2.08 11.29–19.25
<i>S</i> , ‰	27.17 ± 3.66 21.31–31.85	26.76 ± 3.37 21.31–31.85	23.58 ± 7.96 12.83–31.85	19.15 ± 2.38 16.37–22.68	19.29 ± 5.18 10.81–28.64	21.51 ± 4.93 16.15–28.64
Tur, FTU	1.47 ± 0.95 0.44–3.04	2.01 ± 1.95 0.44–7.03	1.44 ± 0.87 0.44–2.55	2.66 ± 1.99 1.06–6.49	2.34 ± 1.87 0.31–6.49	2.61 ± 2.92 0.31–9.05
O ₂ , мг/л	9.19 ± 0.55 8,57–10,10	9.12 ± 0.51 8,57–10,10	9.57 ± 0.76 8.93–10.51	8.82 ± 0.66 7.71–9.49	8.87 ± 0.58 7.71–9.49	8.92 ± 0.56 7.71–9.49

* является индикатором текущего нереста.

Примечание. *h* – глубина, *T* – температура воды, *S* – соленость, Tur – мутность.

Note. *H*, indicates depth; *T*, water temperature; *S*, salinity; Tur, turbidity.

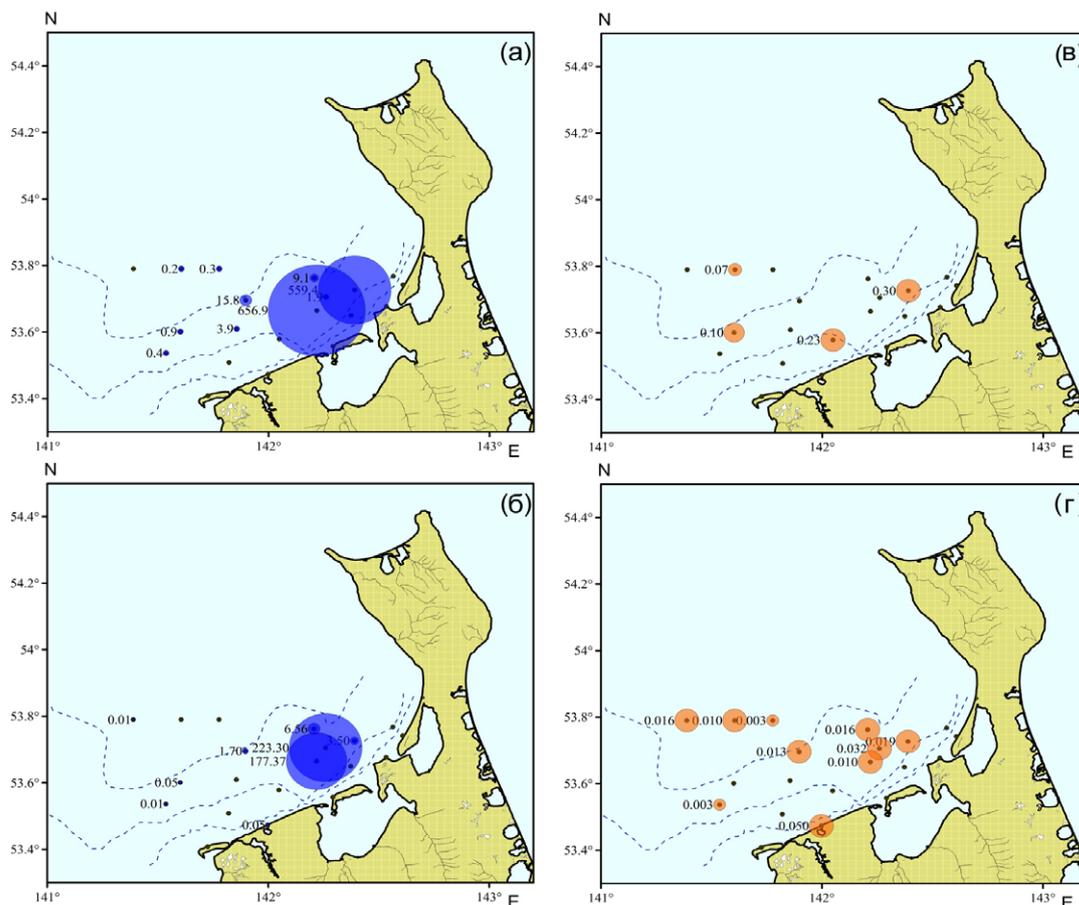


Рис. 4. Распределение (экз./м³) икры анчоуса по данным вертикальных (а) и горизонтальных (б) ловов и личинок по данным вертикальных (в) и горизонтальных (г) ловов в юго-восточной части Сахалинского залива в августе 2011 г.

Fig. 4. Distribution (eggs/m³) of Japanese anchovy eggs: vertical (a) and horizontal (б) catches, and larvae: vertical (в) and horizontal (г) catches in the southeastern part of Sakhalin Gulf in August 2011.

Температурный диапазон всего слоя в районах нереста был достаточно широким – от 6.2 до 13.8 °С при средней величине 9.9 °С. Минимальная глубина, на которой были обнаружены личинки при вертикальных обловах, составляла 8.8 м. В поверхностном слое икра на I стадии встречалась при температуре от 14.1 до 16.9 °С (в среднем 15.4 °С), личинки – в более широком диапазоне при температуре 11.3–19.3 °С (в среднем 12.3 °С). По данным горизонтальных ловов личинки встречались вплоть до уреза воды.

Соленость в местах обнаружения икры на I стадии в среднем составляла 27.2 ‰ при вариациях данного показателя от 21.3 до 31.9 ‰. Икра на всех стадиях была отмечена в таком же диапазоне солености при незначительно меньшей средней величине – 26.8 ‰. Диапазон солености для личинок был несколько шире – от 12.8 до 31.85 ‰ (в среднем 23.6 ‰). В поверхностном слое раннее развитие икры протекало преимущественно при эстуарных величинах солености ниже критической величины 26 ‰. Икра на I стадии встречалась в диапазоне от 16.4 до 22.7 (в среднем 19.2 ‰). Личинки облавливались на участках с соленостью до 28.6 ‰.

Нерест, определяемый по распространению I стадии, происходил при невысоких значениях мутности – в среднем 1.47 FTU в слое дно–0 м и 2.66 FTU в поверхностном слое. Максимальная мутность в местах нереста составляла 7.0 FTU, содержание кислорода не опускалось ниже 7 мг/л.

Участки экстремально высоких концентраций икры были сильно ограничены как диапазоном глубин, так и параметрами среды. В вертикальных ловах 96 % икры было сосредоточено на двух станциях, расположенных над глубиной 13.5 м (рис. 5 а). В горизонтальных ловах 97 % икры также было локализовано на двух станциях над глубинами 13.5–14.5 м (рис. 5 б).

Высокая плотность икры в вертикальных и горизонтальных ловах совпадала только на станции 27. На ст. 25, при высокой плотности икры в толще воды, в поверхностном слое ее величина многократно снижалась. На ст. 26 была отмечена обратная ситуация с высокими концентрациями икры в поверхностном слое и очень низкими в толще воды. Как в толще воды (ст. 25 и 27), так и в поверхностном слое (ст. 26 и 27) на двух станциях с максимальными концентрациями преобладала икра на I стадии развития, на долю которой приходилось 97 %

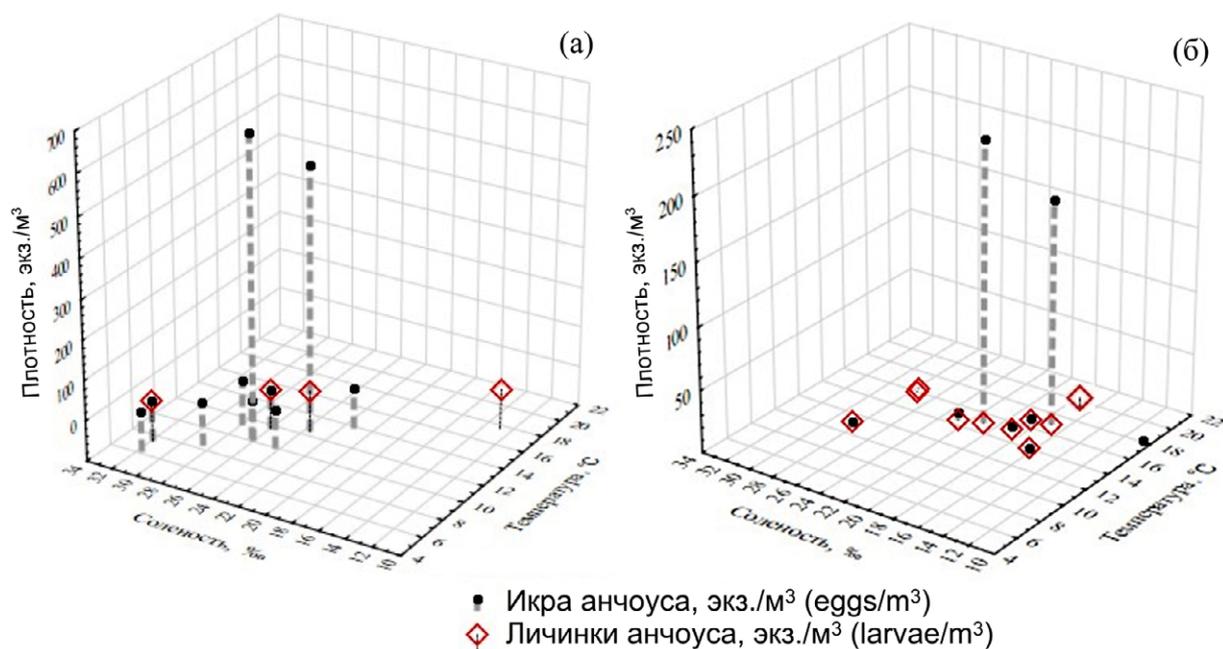


Рис. 5. Распределение икры и личинок анчоуса в зависимости от средней температуры и солености в вертикальных (а) и горизонтальных (б) ловах.

Fig. 5. Distribution of Japanese anchovy eggs and larvae depending on average temperature and salinity in the vertical (a) and horizontal (b) catches.

от всей икры, что указывало на приоритетное значение данного участка для нереста анчоуса.

Для станций с максимальными концентрациями икры было характерно постепенное изменение солёности и температуры с глубиной (рис. 6). Участок максимальных скоплений икры совпадал с максимальным заглублением теплых вод. До глубины 10 м держалась

температура воды более 8–10 °С, при которой возможен нерест мигрирующих группировок анчоуса [17]. Содержание кислорода было стабильным – в пределах 8–10 мг/л. Мутность до глубины 8–10 м имела невысокие значения – до 2 FTU. Глубже происходило незначительное увеличение мутности, что могло быть связано с оседанием и накоплением органики.

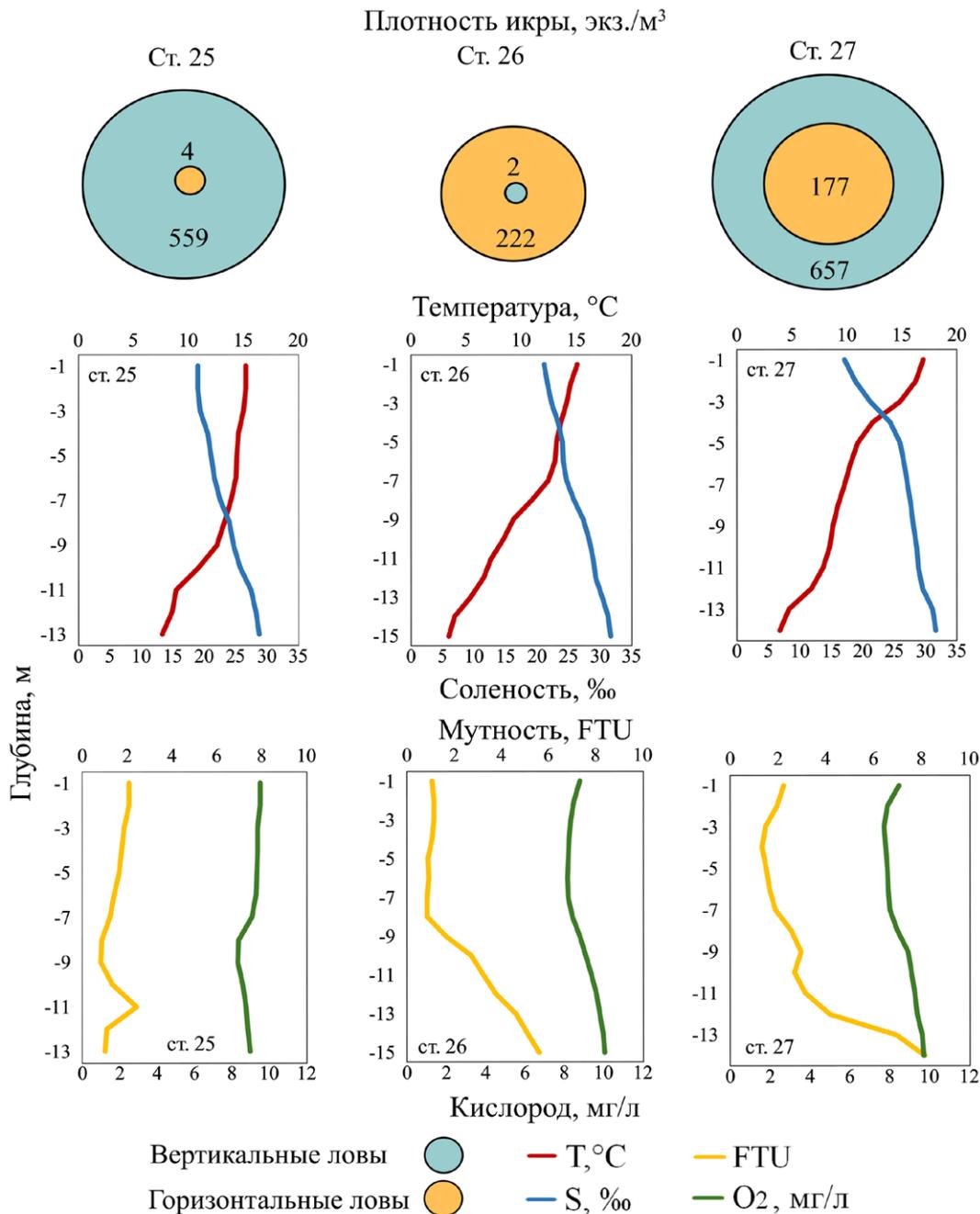


Рис. 6. (Верхняя панель) Плотность (экз./м³) по данным вертикальных и горизонтальных ловов. Ниже вертикальные профили изменения параметров среды на станциях с максимальными концентрациями икры анчоуса.

Fig. 6. (Upper panel) The density of eggs (eggs/m³) in vertical and horizontal catches. Below are vertical profiles of change of environmental parameters at the stations with maximum concentrations of anchovy eggs.

Особенности раннего развития анчоуса

Икра на I стадии развития преобладала не только в местах высоких концентраций, но и на всей акватории в целом, что указывало на активно текущий нерест анчоуса. В горизонтальных ловах доля икры на I стадии была незначительно меньше, чем в толще воды, – 79.5 и 84.8 % соответственно, а доля икры на II стадии несколько больше – 20.4 и 14.8 % соответственно, что связано с ускоренным развитием в более прогретом поверхностном слое. Суммарно на первые две стадии развития приходилось 99.9 % нормально развивавшейся икры в поверхностном слое и 99.6 % в толще воды. Доля III стадии была очень мала, IV стадия в уловах отсутствовала. Доля нежизнеспособных икринок в период исследований находилась на низком уровне – от 0.7 % у поверхности до 4.4 % в толще воды, что для икры анчоуса является очень низким показателем.

Кроме икры, в уловах присутствовали личинки анчоуса. Размерный ряд личинок был достаточно протяженным – от 4.3 до 18.4 мм и полимодальным, что свидетельствовало о давно начавшемся нересте. Преобладали две размерные группы – 7–8 мм и 9–10 мм, на каждую из которых приходилось примерно по 20 % суммарной численности личинок. Среди личинок длиной более 12 мм выделялась размерная группа 13.1–14 мм (рис. 7). Размерная группа 18.1–18.4 мм включала особей на ста-

дии метаморфоза – перехода к мальковой фазе развития.

Зависимость распределения икры и личинок анчоуса от факторов среды

В толще воды (слой дно–0 м) отмечено снижение плотности икры на I стадии с увеличением глубины. Высокие значения ранговой корреляции Спирмена ($>0,9$) получены для I и II стадий и мертвой икры, что указывало на сосредоточение их в единых скоплениях и слабый разнос с мест основного нереста. Достоверная корреляция между плотностью икры, температурой, мутностью и соленостью отсутствовала, но между параметрами среды корреляция была статистически значимой. Средняя температура тотального слоя и мутность снижались по мере увеличения глубины, соленость – возрастала. Доля нежизнеспособных икринок в целом уменьшалась по мере увеличения солености.

Для горизонтальных ловов достоверная корреляция между плотностью икры и глубиной места в районе отбора не выявлена. Высокие значения коэффициента корреляции ($>0,9$), как и в толще воды, были отмечены для I и II стадий и мертвой икры. Плотность икры на I стадии снижалась с увеличением мутности. Связь плотности икры и личинок на станциях с другими параметрами среды не обнаружена (табл. 4).

Каждый фактор включает несколько связанных параметров, которые влияют на плотность икры. Вычленив один из параметров среды, оказывающий преимущественное влияние на распределение икры и личинок анчоуса, в данном случае не удалось. По итогам факторного анализа рассматриваемые переменные формируются в две группы факторов (фактор 1 и фактор 2), объясняющих 89 % дисперсии в поверхностном слое и 100 % дисперсии в слое дно–0 м (табл. 5).

В слое дно–0 м фактор 1 отражал агрегированность икры на локальном участке, обусловленную массовым локальным нерестом анчоуса в рассматриваемом районе. Из параметров среды наибольшее влияние на распределение икры оказывали глубина, мутность и содержание кислорода. В факторе 2 выделялись температура и соленость, влияние которых было более значимым для икры на III стадии развития (табл. 6).

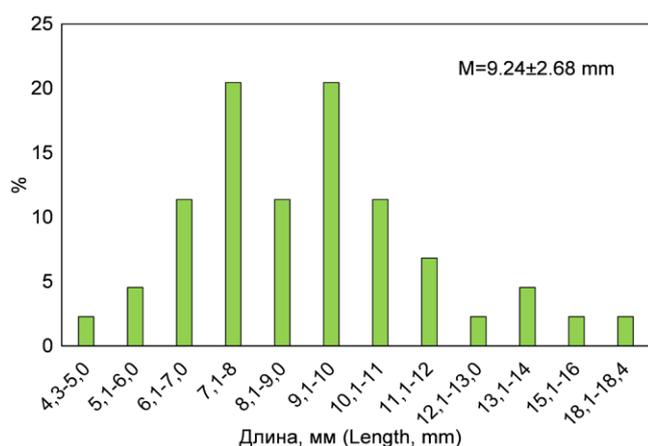


Рис. 7. Размерный состав личинок анчоуса в юго-восточной части Сахалинского залива в августе 2011 г. (M – среднее значение ± стандартное отклонение).

Fig. 7. Size composition of Japanese anchovy larvae in the south-eastern part of Sakhalin Gulf in August 2011. (M, mean value ± standard deviation).

Таблица 4. Достоверные значения ранговой корреляции Спирмена между плотностью икры на ранних стадиях развития и основными параметрами среды ($p < 0.05$)

Table 4. Significant values of Spearman's rank correlation for Japanese anchovy eggs and main environmental parameters ($p < 0.05$)

Горизонт	Поверхностный слой (surface layer)							
	Показатель	I	II	D	h	T	S	Tur
Дно-0 (bottom-0)	I		0.94					-0.83
	II	0.90		0.90				
	D		0.90					
	h	-0.75					0.61	
	T				-0.65		-0.69	
	S			-0.90	0.84	-0.89		-0.86
	Tur				-0.88		-0.71	

Примечание. Правая часть матрицы – значения для поверхностного слоя, левая – для слоя дно-0. I, II – стадии развития икры; D – нежизнеспособная икра; остальные условные обозначения см. табл. 3.

Note. The right part of the matrix contains values for the surface layer; the left part of the matrix, values for the layer from the bottom to the surface. I, II, eggs stages; D, dead eggs; see other symbols in Table 3.

Таблица 5. Результаты факторного анализа по выявлению параметров среды, влияющих на распределение икры и личинок анчоуса в юго-восточной части Сахалинского залива

Table 5. Results of the first stage of factor analysis to identify environmental parameters affecting the distribution of Japanese anchovy eggs and larvae in the southeastern part of Sakhalin Gulf

Фактор	Собственное значение	Степень влияния фактора на полную дисперсию, %	Накопленная степень влияния факторов на полную дисперсию, %
Слой дно-0 м			
1	6.08	67.53	67.53
2	2.92	32.47	100.00
Поверхностный слой			
1	5.05	56.16	56.16
2	2.94	32.61	88.77

Таблица 6. Матрица факторных нагрузок, объясняющих больше 70 % дисперсии (выделены действующие переменные)

Table 6. Matrix of factor loadings that explain more than 70 % of the variance (active variables are highlighted)

Переменные	Слой дно-0 м		Поверхностный слой	
	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 1	Фактор 2
Икра, I стадия	-0.989	-0.151	0.976	-0.072
Икра, II стадия	-0.976	0.220	0.943	0.246
Икра, III стадия	-0.689	0.725	Низкая плотность	
Икра, мертвая	-0.968	-0.252	0.976	-0.131
Личинки	Низкая плотность		0.896	-0.336
h, м	0.959	-0.283	-0.690	-0.067
T, °C	0.237	0.971	0.151	0.968
S, ‰	0.606	-0.796	-0.176	-0.941
Tur, FTU	-0.928	-0.372	-0.420	0.896
O ₂ , мг/л	0.729	0.684	-0.867	-0.330
Общая дисперсия	6.077	2.923	5.055	2.935
Доля общей дисперсии	0.675	0.325	0.562	0.326

В поверхностном слое из параметров среды на распределение икры и личинок анчоуса основное влияние оказывали содержание кислорода, температура, соленость и мутность. Также выявлена связь скоплений личинок анчоуса со скоплениями икры, что указывает на длительное пребывание личинок в местах основного нереста.

Поскольку в уловах в целом и в местах экстремально высоких концентраций доминировала недавно выметанная икра анчоуса на I стадии развития, продолжительность развития которой составляет около часа, полученные результаты фактически показывали связь нерестилищ анчоуса с определенными параметрами среды. Выбор мест нереста производителями осуществлялся исходя из оптимального сочетания температуры, солености, мутности и содержания кислорода, которые в суровых условиях северной части ареала должны были быть близкими к оптимальным величинам. Большинство перечисленных параметров коррелировало между собой (см. табл. 3), поскольку в данном районе они связаны общим происхождением и достаточно четко определяют амурские или охотоморские воды. Значения этих параметров в местах массового нереста анчоуса, определяемых по экстремально высоким концентрациям икры, были близки к показателям трансформированного амурского стока. Нахождение личинок и икры на I–III стадиях развития в совместных скоплениях было следствием их удержания в пределах зон нереста, связанных с антициклоническим круговоротом, что обеспечивало ранний онтогенез анчоуса в наиболее оптимальных условиях.

Обсуждение

Результаты исследований нереста анчоуса в присахалинских водах позволяют увидеть сходные черты с его воспроизводством в центральных частях ареала. Как и в водах Китая, Японии и Южной Кореи [2], у побережья о. Сахалин обнаружены шельфовые нерестилища над глубинами более 100 м в Татарском проливе и прибрежные нерестилища над глубинами менее 20–30 м в Татарском проливе, в зал. Анива и у юго-восточного побережья Сахалина [23–26, 54].

Одно из основных прибрежных нерестилищ анчоуса с высокой плотностью икры связано с эстуарной системой крупнейшей реки дальневосточного бассейна – Амур, внешней частью которой является мелководный Сахалинский залив [8], отличающийся хорошим прогревом в летний период [55], образованием апвеллингов и фронтальных зон с градиентами гидрохимических, гидрофизических, гидробиологических показателей [56] и высокой продуктивностью [43, 57], необходимыми для воспроизводства вида [2, 58, 59].

Судя по численности икры, являющейся показателем интенсивности нереста рыб [60], наиболее оптимальное сочетание необходимых для икрометания анчоуса условий формировалось в юго-восточной части Сахалинского залива, по сложной гидродинамике, пониженным значениям солености, значительным выносам взвешенных веществ и высокому содержанию хлорофилла *a* [41, 44, 46, 61] сходной с условиями нереста анчоуса в эстуариях крупных рек Желтого и Восточно-Китайского морей.

Исследования в 2011 г. были выполнены в период потепления вод Амурского лимана, влияющих на температурный режим юго-восточной части Сахалинского залива [40], высокой численности японского анчоуса и его массовых миграций в северном направлении, в том числе к берегам о. Сахалин [5, 10]. Анчоус массово появляется у берегов Сахалина в июле–августе при максимальном прогреве [10], что уже предполагает выбор наиболее подходящего для нереста температурного режима. Далее в пределах широкого диапазона условий происходит поиск участков с наиболее оптимальными условиями, которые должны подходить как для нереста, так и для нагула. Северные миграции анчоуса вдоль западного побережья Сахалина в отдельные годы простираются вплоть до 54–55° с.ш. [62], вдоль восточного побережья – до 53° с.ш. Эпизодически анчоус достигает восточного побережья Камчатки [10].

Концентрации выметанной икры в юго-восточной части Сахалинского залива превышали аналогичные величины в центральных частях ареала. В основных скоплениях численность икринок, пересчитанная на 100 м пути, достигала 6432–9448 и 7552–8868 экз./м².

В Желтом море при облове сетью аналогичного диаметра численность икры анчоуса до 1079 икринок на 100 м пути отмечали локально, но в течение длительного времени – с мая по июль, при пике нереста в мае–июне [2]. В прибрежных водах Корейского полуострова максимальная численность икры анчоуса редко превышала 1000 экз./м² [12]. Если рассматривать интенсивность нереста анчоуса в северной части ареала, то по концентрациям икры в толще воды (в среднем 83 экз./м³, максимум 657 экз./м³) юго-восточная часть Сахалинского залива уступала только нерестилищам зал. Анива, где соответствующие величины достигали 400 и 2634 экз./м³ [24]. В северо-восточной части Сахалинского залива численность икры была многократно ниже, чем в юго-восточной, – в среднем 0.003–0.005 экз./м³ [62], что также подтверждает связь основных нерестилищ анчоуса с трансформированным амурским стоком.

Учитывая, что в период исследований икра на I стадии развития доминировала как на всей обследованной акватории, так и в скоплениях с максимальной плотностью, вся юго-восточная часть Сахалинского залива в разной степени являлась местом нереста анчоуса. Вымет большого количества икры в короткие сроки является частью компенсаторного механизма мигрирующих популяций [17], позволяющего получить многочисленное потомство у северных границ ареала при сокращении нерестового периода до одного-двух месяцев и обеспечить возможность миграций сеголетков в южном направлении. В зал. Анива, по сравнению с зал. Петра Великого (Японское море), близкие концентрации личинок достигались увеличением численности икры на порядок [24].

По данным единственной съемки невозможно установить истинный вклад исследованной части Сахалинского залива в общий объем воспроизводства анчоуса. Из-за суровых условий, короткого нерестового периода, длительности миграций в места зимовки преждевременно говорить, что этот район может обеспечить высокую численность ежегодного пополнения вида. Тем не менее, обширное распространение и высокие плотности икры

анчоуса в 2011 г., а также ранее обнаруженные скопления личинок, перемещающихся в южном направлении через прол. Невельского [23], указывают на высокую репродуктивную значимость северных акваторий в целом и юго-восточной части Сахалинского залива в частности. В начале XXI столетия нерест анчоуса в этих районах происходил регулярно, выживаемость икры и личинок была достаточно высокой даже в более холодные по термическим характеристикам 2001–2002 гг. [40]. К сожалению, исследования в этих районах чрезвычайно редки и проследить многолетнюю динамику нереста анчоуса не представляется возможным. Надо полагать, что воспроизводство анчоуса в данном районе не может глобально повлиять на запасы этого короткоциклового вида, которые все же сосредоточены в юго-восточной Азии и подвержены значительным колебаниям не только по естественным причинам, но и в результате значительной промысловой нагрузки. Но уже то, что анчоус достигает нерестилищ Сахалинского залива минуя другие районы и массово здесь размножается, свидетельствует о привлекательности данной акватории для этого вида как места с подходящими условиями среды и обильной кормовой базой как для производителей, так и для личинок и подрастающей молодежи.

Абсолютное доминирование в юго-восточной части Сахалинского залива икры анчоуса на I стадии позволяет поставить знак равенства между распределением икры и локализацией нерестилищ. Таким образом, анализ распределения плотности икры в зависимости от внешних параметров фактически показывает влияние условий среды на расположение нерестилищ анчоуса. В юго-восточной части Сахалинского залива по температуре, солености, мутности, содержанию кислорода достаточно хорошо идентифицируются охотоморские и трансформированные амурские воды, а также и сток с заливов в прибрежной зоне. Максимальные скопления икры на I стадии, являющиеся индикатором расположения нерестилищ, были связаны с антициклоническим круговоротом, образующимся в зоне действия трансформированного амурского стока. При проведении факторного анализа

не удалось из комплекса взаимосвязанных параметров среды вычленить определенный показатель, влияющий на расположение зон массового нереста. Выбор мест нереста в период исследований 2011 г. происходил в градиенте всех анализируемых показателей – температуры, солености, мутности и содержания кислорода, оптимальные величины которых формировались в узком диапазоне глубин.

Массовое икрометание анчоуса наблюдалось за пределами сильно опресненных районов, находящихся под влиянием амурского и берегового стоков, но в пределах участков с благоприятным температурным и кислородным режимом и невысокими величинами мутности. Температуры в зоне основного икрометания находились в пределах оптимума 10–12 °С в среднем в слое дно–0 м и 15.1–16.9 °С в поверхностном слое. Средняя соленость в вертикальном столбе воды (23.6–26.2 ‰) имела приграничные значения, разделяющие эстуарные и морские биологические комплексы. В поверхностном слое развитие икры и личинок анчоуса протекало и в водах с эстуарной соленостью 17.2–21.1 ‰ [52, 53]. Но в целом эти величины попадали в диапазон солености, при котором происходит развитие икры анчоуса в эстуарных системах Желтого моря и Восточно-Китайского морей [11, 29].

Антициклонический круговорот в местах массового нереста, определяемый по заглуплению теплых вод, способствовал удержанию икры и личинок анчоуса в оптимальных условиях [46]. Небольшие глубины (13–15 м) обеспечивали равномерное вертикальное распределение параметров среды до глубин 10 м. Содержание кислорода достигало 10–12 мг/л, мутность не превышала 2 FTU. Вероятность значительных колебаний температуры, солености и других анализируемых показателей, губительных для рыб на ранних стадиях развития, снижалась за счет удаленности основных нерестилищ от мест воздействия холодных охотоморских вод и участков с сильными течениями и прибойностью, расположенных на выходе из Амурского лимана, вблизи проливов прибрежных лагун и в прибрежной полосе [48]. С другой стороны, благодаря незначительной удаленности нерестилищ от зон активной

гидродинамики с высокой продуктивностью планктонных и бентосных сообществ [48, 57], участки с хорошей кормовой базой становились доступными для нагула личинок анчоуса по мере их роста и увеличения плавательной активности. Образование высокой плотности икры в пределах относительно небольшой акватории является следствием стайного поведения анчоуса и, вероятно, ограниченной площади с оптимальными параметрами среды в условиях взаимодействия очень холодных охотоморских вод и теплых, но сильно опресненных амурских вод. Распределение икры анчоуса в виде локальных «пятен» с очень высокой плотностью характерно не только для юго-восточной части Сахалинского залива, но и для центральных частей ареала [28].

Таким образом, район массового икрометания находился в зоне с подходящими температурными условиями, хорошим кислородным режимом и невысокими значениями мутности. Места с максимальными концентрациями икры, зарегистрированными на ст. 27, совпадали с участком наиболее высокой численности бентосных фораминифер [61], скопления которых образуются в условиях отсутствия волнения и сильных течений [63]. Кроме того, акватория массового нереста анчоуса граничила с высокопродуктивным районом вблизи зал. Байкал, характеризующимся повышенными биомассами фитопланктона и содержанием хлорофилла *a*. Интенсивное продуцирование микроводорослей поблизости от проливов зал. Байкал является результатом постоянного поступления биогенов, запасы которых содержатся в придонном слое холодных морских вод [57].

В зависимости от существующих условий в районах нереста влияние температуры и солености на распределение икры и личинок анчоуса может меняться. В юго-восточной части Сахалинского залива температура оказывала положительное, а соленость отрицательное влияние на распределение икры и личинок анчоуса, поскольку зона температурного оптимума была ограничена прибрежной полосой и распространением трансформированного амурского стока. В эстуарных системах субтропической части ареала соленость, напро-

тив, обычно оказывает положительное влияние на выбор мест нереста, а температура – отрицательное, так как часто превышает оптимальную для эмбрионального развития анчоуса величину [11, 29].

Судя по невысокому уровню гибели икры (0.7–4.4 %) и обширному распространению разновозрастных личинок, пониженные значения солености не были критичными для ранних стадий анчоуса. Полученные величины гибели икры значительно уступали уровню ее элиминации в других районах. В Желтом и Восточно-Китайском морях естественная эмбриональная гибель может превышать 70–80 %, а в отдельные годы достигать 90 % [49]. Высокий уровень гибели икры – до 70–100 % отмечен и в Японском море в зал. Петра Великого [21, 22]. В зал. Терпения во время прохождения глубокого циклона все икринки и личинки анчоуса были мертвыми. В суровых условиях шельфовых вод северо-восточного Сахалина суммарная доля погибших и аномально развивавшихся икринок анчоуса варьировала от 33 до 100 %. В восточной части Татарского пролива она достигала 67 % и снижалась до 14 % у северо-западного побережья в зал. Чихачева и до 4 % в зал. Анива [23]. При резких изменениях параметров среды и погодных условий в Сахалинском заливе также можно ожидать значительных колебаний выживаемости икры. Из-за ограниченного времени исследований в данной работе оценить окончательную смертность в эмбриональный и личиночный период не представляется возможным.

Развитие личинок анчоуса происходило на обширной части исследованной акватории, тем не менее, более высокая встречаемость наблюдалась в зоне массового нереста анчоуса. Вариации численности личинок в целом были значительно меньше, чем икры. В первую очередь это связано с их элиминацией и перераспределением по мере развития и роста. Несмотря на высокие скорости течений и направленность стокового Амурского течения с юга на север [45], развитие большей части личинок, очевидно, происходит в наиболее благоприятных условиях юго-восточной части залива в пределах антициклонической циркуляции, способству-

ющей удержанию пассивных объектов [46]. Это предположение подтверждается снижением средней численности личинок в северо-восточной части залива [62] и присутствием разновозрастных особей в юго-восточной части. Личинки анчоуса встречались вплоть до уреза воды при значительных вариациях параметров среды. На мелководных участках личинок анчоуса облавливали в условиях повышенной до 9 FTU мутности.

Протяженный полимодальный размерный ряд является следствием развития личинок, появившихся в разные сроки. Преобладание нескольких размерных групп объясняется наличием характерных для анчоуса интервалов между икрометаниями [15] и, вероятно, подходами новых мигрирующих группировок, как это происходит в центральных частях ареала [2, 18]. Темп роста личинок в первые дни после выклева составляет в среднем 0.6–0.8 мм в сутки [19, 64, 65], возрастает при увеличении температуры и снижается в популяциях, нерестающихся севернее [36]. Если принять за темп суточного роста личинок в юго-восточной части Сахалинского залива минимальную величину 0.6 мм и длину при выклеве 3 мм [66], то наиболее крупные личинки анчоуса длиной 18.0 мм и более, выловленные в Сахалинском заливе, появились ориентировочно в конце июля, а преобладающие особи длиной от 8 до 10 мм – в начале августа. В зависимости от температуры, эмбриональное развитие продолжается 42–72 ч [67]. Таким образом, икрометание анчоуса в Сахалинском заливе началось ориентировочно в третьей декаде июля, массовый нерест происходил в августе. В сентябре на прилежащих участках (прол. Невельского) икра анчоуса в ихтиопланктоне отсутствовала [23], поэтому икрометание, очевидно, завершается в сентябре, что предполагает общую продолжительность нереста около 1.5 мес. По сравнению с субтропической зоной, где нерест может длиться до 8 мес. и более [19], это довольно короткий период.

Факторный анализ подтвердил агрегированность икры и личинок в общих скоплениях и воздействие на их распределение сложного комплекса факторов. В толще воды к основным факторам в порядке значимости относились

глубина, мутность, содержание кислорода, температура и соленость. В поверхностном слое основное воздействие оказывали содержание кислорода, температура, соленость и мутность.

Температура и соленость как в толще воды, так и в поверхностном слое действовали на распределение икры однонаправленно. С увеличением температуры плотность икры возрастала, с ростом солености снижалась. Такое действие объяснялось распределением трансформированного амурского и берегового стоков, хорошо заметных по распределению мутности и содержания кислорода (см. рис. 2). Вблизи зал. Байкал воды разного происхождения могут смешиваться. В градиенте трансформированных вод оптимальный для нереста режим формировался на расстоянии более 10 км от проходов зал. Байкал и более 36 км от входа в Амурский лиман. Поскольку мутность, соленость и температура имели высокую корреляцию с глубиной, действие всех многочисленных факторов можно рассматривать как совместное.

В отличие от температуры и солености, действие мутности и кислорода в поверхностном слое, по сравнению с толщей воды, менялось на противоположное. В толще воды с увеличением содержания кислорода и снижением мутности численность икры анчоуса возрастала, в поверхностном слое, напротив, снижалась. Такой характер воздействия может быть связан с распределением теплых амурских вод в поверхностном слое, где мутность увеличивается, а содержание кислорода, соответственно, снижается. Но поскольку нерест анчоуса все же больше привязан к температурным условиям, негативного влияния мутности, очевидно, не удастся избежать.

Учитывая, что на величину мутности влияет содержание как минеральной взвеси, так органики, в том числе плотность фитопланктона и зоопланктона, ее воздействие можно рассматривать как совокупное от содержания взвешенных веществ и планктона. В юго-восточной части Сахалинского залива влияние мутности соответствовало влиянию содержания ВВ в эстуарных зонах юго-восточной Азии, где данный показатель входил в комплекс основных

факторов, структурирующих расположение нерестовых и выростных зон анчоуса в градиенте параметров пресноводного стока крупных рек. Если основной нерест в эстуарии р. Янцзы (Желтое море) происходил у внешней границы эстуарной зоны при среднем содержании ВВ 5.1 мг/л [11], то личинки анчоуса больше тяготели к прибрежным участкам, где содержание взвеси могло достигать 134.8 мг/л, что указывало на их большую устойчивость к ее высоким концентрациям [32]. Выявленная позитивная реакция личинок старших возрастов на увеличение мутности может быть, предположительно, связана с поиском богатых кормовых районов [68]. В водах Сахалинского залива мутность, кроме того, может являться ориентиром для обратных миграций подрастающей молодежи, численность которой высока в прол. Невельского в осенний период [23].

Без послонных ловов точная глубина погружения икры анчоуса в Сахалинском заливе остается неизвестной. Судя по значительным различиям в численности, наблюдаемым в вертикальных и горизонтальных ловах на одних и тех же станциях с максимальными концентрациями икры, горизонт ее вымета несколько менялся. Исследования в Восточно-Китайском море показали, что высокие концентрации икры анчоуса образуются в приповерхностном 15-метровом слое [69]. Очевидно, что в юго-восточной части Сахалинского залива в местах массового нереста с глубинами не более 15 м, где отсутствует стратификация, икра анчоуса также могла быть распределена по всему вертикальному слою, что подтверждается более высокими средними концентрациями икры в вертикальных ловах (83 экз./м³) по сравнению с горизонтальными (21 экз./м³). Аналогичные закономерности были выявлены ранее и в северо-западной части Сахалинского залива [62]. Соответственно, связи скопления икры анчоуса с параметрами среды, полученные по данным вертикальных ловов, можно принять как основные, влияющие на выбор мест нереста этого вида. В то же время нельзя исключать и высокую мозаичность распределения икры при малой площади нереста, что могло приводить к несовпадению уловов, полученных в вертикальных и горизонтальных ловах.

Выводы

Сахалинский залив является одним из наиболее удаленных от основных центров воспроизводства северных нерестилищ японского анчоуса в Охотском море.

В августе 2011 г. в юго-восточной части залива наблюдался интенсивный нерест анчоуса, определяемый по высокой относительной численности икры на I стадии – 84.8 % в толще воды и 79.5 % в поверхностном слое. Средняя плотность икры – 83 экз./м³ в толще воды и 21 экз./м³ в поверхностном слое – превышала концентрации икры в морях юго-восточной Азии и была сопоставима с концентрациями в зал. Анива.

Личинки встречались во всем обследованном диапазоне глубин – от уреза воды до 31 м. Длина личинок варьировала от 4.3 до 18.4 мм. Протяженный полимодальный размерный ряд являлся следствием развития в районе личинок, появившихся в разные сроки. Учитывая длительность эмбрионального развития и скорость роста личинок анчоуса, начало его нереста в Сахалинском заливе пришлось на третью декаду июля.

При обширном распределении икры по акватории скопления с высокой плотностью формировались на ограниченных участках с глубинами 13–15 м и благоприятными условиями среды вблизи наиболее продуктивных прибрежных районов. Участок максимальных скоплений икры совпадал с заглублением вод с температурой 8–10° С и более (при которой возможен нерест мигрирующих группировок анчоуса) до горизонта 10 м. В этом слое наблюдалось стабильное содержание кислорода в пределах 10–12 мг/л и невысокая мутность – до 2 FTU. Соленость в толще воды (23.6–26.2 ‰) оставалась близкой к критической границе, разделяющей морскую и эстуарную зоны, в поверхностном слое имела эстуарные величины (17–21 ‰).

Как и в центральных частях ареала, в юго-восточной части Сахалинского залива определяющим в выборе мест нереста являлся хороший прогрев при комфортных величинах солености, мутности и содержания кислорода в градиенте пресноводного стока р. Амур. Анчоус избегал районов вторжения холодных

охотоморских вод, сильно опресненных амурских вод и районов действия береговых стоков с мутностью более 7 FTU и соленостью менее 10 ‰. Удержанию икры и личинок в благоприятных условиях в течение длительного срока способствовал антициклонический круговорот, выявлявшийся по заглублению трансформированного амурского стока в местах основных концентраций икры и личинок.

Результаты исследования нереста анчоуса в Сахалинском заливе служат еще одним доказательством пластичности и высокой адаптивности этого вида. У северных границ ареала развитие икры и личинок анчоуса происходит в широком диапазоне температуры и солености, что подтверждает его эвритермность и эвригалинность.

Следует учитывать, что полученные результаты ограничены однократной съемкой, выполненной в 2011 г. Для получения более полной картины нереста анчоуса и подтверждения его связи в репродуктивный период с трансформированным амурским стоком требуются дополнительные исследования в Сахалинском заливе и в прилегающих районах.

Список литературы

1. Liu S., Liu Y., Alabia I.D., Tian Y., Ye Z., Yu H., Li J., Cheng J. **2020**. Impact of climate change on wintering ground of Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) using marine geospatial statistics. *Frontiers in Marine Science*, 7: 604. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00604>.
2. 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*, 30(4): 366–381. <https://doi.org/10.1111/fog.12523>
3. Chen X., Liu Q., Yin F. **2023**. Evaluation of Yellow Sea anchovy (*Engraulis japonicus*) fishery for management strategies using a data-limited management toolkit. *Heliyon*, 9(7), e18058, 11 p. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18058>
4. Fellatami K., Zhang W., Zhang C., Liu S., Tian Y. **2024**. Age and growth of Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*, Temminck & Schlegel, 1846) in coastal waters around Shandong Peninsula, China. *Fishes*, 9(4), 124. <https://doi.org/10.3390/fishes9040124>
5. Байталюк А.А., Радченко В.И. **2024**. Современное состояние и тенденции промыслового запаса японского анчоуса *Engraulis japonicus* (Engraulidae) в российских водах Японского

- моря. *Известия ТИНРО*, 204(2): 257–275. <https://doi.org/10.26428/1606-9919-2024-204-257-275>
6. Колпаков Н.В., Никитин В.Д. **2023а**. Состав и количественные характеристики сообществ рыб прибрежной зоны внешнего эстуария реки Амур. I. Пролив Невельского. *Результаты Второй Амурской экспедиции. Т. 2: Труды СахНИРО*, 19(2): 3–22.
 7. Колпаков Н.В., Никитин В.Д. **2023б**. Состав и количественные характеристики сообществ рыб прибрежной зоны внешнего эстуария реки Амур. II. Амурский лиман. *Результаты Второй Амурской экспедиции. Т. 2: Труды СахНИРО*, 19(2): 23–35.
 8. Колпаков Н.В., Никитин В.Д., Живоглядов А.А., Прохоров А.П. **2023**. Состав и количественные характеристики сообществ рыб прибрежной зоны внешнего эстуария реки Амур. III. Сахалинский залив. *Результаты Второй Амурской экспедиции. Т. 2: Труды СахНИРО*, 19(2): 36–51.
 9. Великанов А.Я. **2004**. О состоянии сообщества пелагических рыб у западного и восточного Сахалина в 2002 г. *Известия ТИНРО*, 137: 207–225.
 10. Великанов А.Я., Мухаметов И.Н., Шевченко Г.В., Заварзина Н.К. **2025**. Биологическая характеристика японского анчоуса *Engraulis japonicus* (Engraulidae) в период сезонных миграций у берегов о. Сахалин в 2000–2023 гг. *Вопросы рыболовства*, 26(1): 59–76. <https://doi.org/10.36038/0234-2774-2025-26-1-59-76>
 11. Zhang H., Xian W., Liu S. **2015**. Ichthyoplankton assemblage structure of springs in the Yangtze Estuary revealed by biological and environmental visions. *PeerJ*, 3: e1186. <https://doi.org/10.7717/peerj.1186>
 12. Kim J.Y., Lee J.B., Suh Y.-S. **2020**. Oceanographic indicators for the occurrence of anchovy eggs inferred from generalized additive models. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 23, 19. <https://doi.org/10.1186/s41240-020-00161-y>
 13. Fujita T., Yamamoto M., Kono N. Tomiyama T., Sugimatsu K., Yoneda M. **2021**. Temporal variations in hatch date and early survival of Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) in response to environmental factors in the central Seto Inland Sea, Japan. *Fisheries Oceanography*, 30(5): 527–541. <https://doi.org/10.1111/fog.12535>
 14. Kawaguchi K., Yamashita Y., Hayashi A. **1990**. Some aspects of spawning of the reared Japanese anchovy (*Engraulis japonicus* H.) in relation to the photoperiod water temperature and starvation. *Bulletin of the Japanese Society of Fisheries Oceanography*, 54(4): 364–372.
 15. Funamoto T., Aoki I., Wada Y. **2004**. Reproductive characteristics of Japanese anchovy, *Engraulis japonicus*, in two bays of Japan. *Fisheries Research*, 70(1): 71–81. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2004.06.017>
 16. Takasuka A., Oozeki Y., Aoki I. **2007**. Optimal growth temperature hypothesis: Why do anchovy flourish and sardine collapse or vice versa under the same ocean regime? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 64(5): 768–776. <https://doi.org/10.1139/f07-052>
 17. Funamoto T., Aoki I. **2002**. Reproductive ecology of Japanese anchovy off the Pacific coast of eastern Honshu, Japan. *Journal of Fish Biology*, 60: 154–169. [doi:10.1006/jfbi.2001.1829](https://doi.org/10.1006/jfbi.2001.1829)
 18. Takasuka A., Oozeki Y., Kubota H. **2008**. Multi-species regime shifts reflected in spawning temperature optima of small pelagic fish in the western North Pacific. *Marine Ecology Progress Series*, 360: 211–217. <https://doi.org/10.3354/meps07407>
 19. Zhu Q., Wu R., Masuda Y., Takahashi Y., Okabe K., Koizumi K., Iida A., Katayama S. **2023**. Spawning phenology and early growth of Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) off the Pacific coast of Japan. *Fishes*, 8, 11. <https://doi.org/10.3390/fishes8010011>
 20. Hayashi A., Goto T., Takahashi M., Watanabe Y. **2019**. How Japanese anchovy spawn in northern waters: start with surface warming and end with day length shortening. *Ichthyological Research*, 66: 79–87. <https://doi.org/10.1007/s10228-018-0652-5>
 21. Давыдова С.В. **1994**. Встречаемость икры дальневосточной сардины и японского анчоуса в заливе Петра Великого (Японское море). *Известия ТИНРО*, 115: 130–136.
 22. Давыдова С.В., Шевченко А.В. **2002**. Особенности нереста японского анчоуса *Engraulis japonicus* (Engraulidae) в заливе Петра Великого (Японское море) в 1996–1998 гг. *Вопросы ихтиологии*, 42(2): 205–214.
 23. Мухаметова О.Н. **2004**. Некоторые особенности пространственного распределения и развития икры и личинок японского анчоуса *Engraulis japonicus* (Engraulidae). *Вопросы ихтиологии*, 44(2): 239–248.
 24. Мухаметова О.Н., Мухаметов И.Н. **2013**. Ихтиопланктон прибрежной зоны залива Анива. *Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях: Труды СахНИРО*, 14: 180–197.
 25. Moukhametova O.N. **2012**. Ichthyoplankton as an indicator of fish reproduction in Tatarskiy Strait (Japan Sea). In: *Proceedings of the 27th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice (Mombetsu, Hokkaido, Japan, 19–24 February 2012)*, 133–136.
 26. Moukhametova O.N. **2014**. Reproductive and nursery potential of nearshore area in the East of Tatarskiy Strait. In: *Proceedings of the 29th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice (Mombetsu, Hokkaido, Japan, 16–19 February 2014)*, 288–291.
 27. Moukhametova O.N. **2013**. Seasonal Formation of Ichthyoplankton Complexes in Aniva Bay (Southern Sakhalin). In: *Proceedings of the 28th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice (Mombetsu, Hokkaido, Japan, 17–24 February 2013)*, 62–65.

28. Sekiguchi H., Sugishima H. **1995**. Fine-scale spatial distribution of anchovy eggs in Ise Bay, Central Japan. *Bulletin of the Japanese Society of Fisheries Oceanography*, 59(1): 19–31.
29. Yang Y.Y., Zhu M.M., Song Q.Q., Wang X.X., Li F., Zhang X.M., Pang Z.W., Su B. **2024**. The water-sediment regulation scheme on the community structure of ichthyoplankton in the Yellow River estuary. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 48(3): 488–503. <https://doi.org/10.7541/2024.2023.0241>
30. Islam M.Sh., Tanaka M. **2009**. Diet and prey selection in larval and juvenile Japanese anchovy *Engraulis japonicus* in Ariake Bay, Japan. *Aquatic Ecology*, 43(2): 549–558. <https://doi.org/10.1007/s10452-008-9207-6>
31. Zhang H., Xian W., Liu S. **2016**. Autumn ichthyoplankton assemblage in the Yangtze Estuary shaped by environmental factors. *PeerJ*, 4: e1922. <https://doi.org/10.7717/peerj.1922>
32. Miró J.M., Megina C., Donázar-Aramendía I., Reyes-Martínez M.J., Sánchez-Moyano J.E., García-Gómez J.C. **2020**. Environmental factors affecting the nursery function for fish in the main estuaries of the Gulf of Cadiz (south-west Iberian Peninsula). *Science of the Total Environment*, 737: 139614. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139614>
33. Arevalo E., Cabral H.N., Villeneuve B., Possémé C., Lepage M. **2023**. Fish larvae dynamics in temperate estuaries: A review on processes, patterns and factors that determine recruitment. *Fish and Fisheries*, 24(3): 466–487. <https://doi.org/10.1111/faf.12740>
34. Wan R., Song P., Li Z., Long X., Wang D., Zhai L. **2023**. Larval fish spatiotemporal dynamics of different ecological guilds in Yangtze Estuary. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(1): 143. <https://doi.org/10.3390/jmse11010143>
35. Chen C.S., Chiu T.S. **2003**. Early life history traits of Japanese anchovy in the northeastern waters of Taiwan, with reference to larval transport. *Zoological Studies*, 42(2): 248–257.
36. Liu C., Xian W., Liu S., Chen Y. **2018**. Variations in early life history traits of Japanese anchovy *Engraulis japonicus* in the Yangtze River Estuary. *PeerJ*, 6: e4789. <https://doi.org/10.7717/peerj.4789>
37. Мухаметова О.Н. **2024**. Видовой состав, сезонная динамика и распределение икры и личинок рыб вблизи устья р. Мануй у восточного побережья о. Сахалин. *Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях: Труды СахНИРО*, 20: 58–92.
38. Мухаметова О.Н. **2012**. Исследования ихтиопланктона в лаборатории гидробиологии. *Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях: Труды СахНИРО*, 13: 118–133.
39. Осадчиев А.А. **2017**. Распространение п्लюма реки Амур в Амурском лимане, Сахалинском заливе. *Океанология*, 57(3): 417–424. <https://doi.org/10.7868/S0030157417020150>
40. Мороз В. В., Шатилина Т. Александровна, Рудых Н.И. **2021**. Формирование аномальных термических режимов в северной части Татарского пролива и Амурском лимане под воздействием атмосферных процессов. *Вестник ДВО РАН*, 6: 101–110. https://doi.org/10.37102/0869-7698_2021_220_06_10
41. Жабин И.А., Абросимова А.А., Дубина В.А., Некрасов Д.А. **2010**. Влияние стока р. Амур на гидрологические условия Амурского лимана и Сахалинского залива Охотского моря в период весенне-летнего паводка. *Метеорология и гидрология*, 4: 93–100.
42. Ракитин Т.Д. **2024**. Ландшафтно-биомическое районирование и пространственно-временная многолетняя динамика концентрации хлорофилла-а фитопланктона в береговой зоне северо-западной части Японского моря. *Биосфера*, 2: 206–222.
43. Цхай Ж.Р., Хен Г.В. **2020**. Оценка общего содержания хлорофилла-а в Охотском море с использованием спутниковых данных. *Исследование Земли из космоса*, 6: 34–46. <https://doi.org/10.31857/S0205961420060056>
44. Цхай Ж.Р., Шевченко Г.В. **2023**. Влияние стока реки Амур на пространственные распределения температуры поверхности моря и концентрации хлорофилла а в Амурском лимане и прилегающих акваториях. *Результаты Второй Амурской экспедиции. Т. 2: Труды СахНИРО*, 19(2): 117–133.
45. Жабин И.А., Дубина В.А. **2008**. Влияние стока реки Амур на гидрологические условия Амурского лимана. *Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях: Труды СахНИРО*, 10: 190–200.
46. Рогачев К.А., Шлык Н.В. **2011**. Анциклоническая циркуляция вод Амура в Сахалинском заливе по спутниковым и морским наблюдениям. *Исследование Земли из космоса*, 6: 73–79.
47. Андреев А.Г. **2019**. Распределение распресненных вод Амурского лимана в Охотском море по данным спутниковых наблюдений. *Исследование Земли из космоса*, 2: 89–96. <https://doi.org/10.31857/S0205-96142019289-96>
48. Лабай В.С., Даирова Д.С., Курилова Н.В., Шпилько Т.С. **2013**. Макробентос залива Байкал (остров Сахалин). *Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях: Труды СахНИРО*, 14: 211–236.
49. Wan R., Bian X. **2012**. Size variability and natural mortality dynamics of anchovy *Engraulis japonicus* eggs under high fishing pressure. *Marine Ecology*

- Progress Series*, 465: 243–251. <https://doi.org/10.3354/meps09795>
50. Соколовская Т.Г., Беляев В.А. **1987**. *Рекомендации по сбору и обработке ихтиопланктона зоны течения Куроисио*. Владивосток: ТИНРО, 70 с.
 51. Баврина А.П. **2021**. Современные правила применения параметрических и непараметрических критериев в статистическом анализе медико-биологических данных. *Медицинский альманах*, 1(66): 64–73.
 52. Хлебович В.В. **1974**. *Критическая соленость биологических процессов*. Л.: Наука, 236 с.
 53. Хлебович В.В. **1989**. Критическая соленость и хорогалиникум: современный анализ понятий. *Труды ЗИН АН СССР*, 196: 5–11.
 54. 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*, 60(1): 40–51. <https://doi.org/10.31857/S0042875220010178>
 55. Шевченко Г.В., Ложкин Д.М. **2022**. Сезонные вариации температуры поверхности Охотского моря и прилегающих районов по данным спутниковых наблюдений и реанализа ERA5. *Океанологические исследования*, 50(1): 25–37. [https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2022.50\(1\).3](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2022.50(1).3)
 56. Якунин Л.П., Дударев О.В., Боцул А.И., Аникиев В.В., Уткин И.В. **2000**. О влиянии гидрометеорологических факторов на распределение взвешенного стока реки Амур в охотоморской части эстуария. *Гидрометеорологические и экологические условия дальневосточных морей: оценка воздействия на морскую среду: Тематич. вып. ДВНИГМИ*. Владивосток, 3: 139–149.
 57. Могильникова Т.А., Латковская Е.М., Коренева Т.Г. **2011**. Гидрохимические условия развития летнего фитопланктона зал. Байкал (северо-западный Сахалин). *Чтения памяти профессора Владимира Яковлевича Леванидова*, 5: 360–369.
 58. Xing Q., Yu H., Yu H., Sun P., Liu Y., Ye Z., Li J., Tian Y. **2020**. A comprehensive model-based index for identification of larval retention areas: A case study for Japanese anchovy *Engraulis japonicus* in the Yellow Sea. *Ecological Indicators*, 116: 106479. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106479>
 59. Checkley D.M.Jr., Asch R.G., Rykaczewski R.R. **2017**. Climate, anchovy, and sardine. *Annual Review of Marine Science*, 9: 469–493. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-122414-033819>
 60. Сергеева Н.П., Тепнин О.Б., Веселов С.А., Смирнов А.В. **2019**. Интенсивность нереста и структура нерестового запаса западноберинговоморского минтая в 2018 г. *Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана*, 1(53): 34–40. <https://doi.org/10.15853/2072-8212.2019.53.34-40>
 61. Лабай В.С., Шевченко Г.В., Галанин Д.А., Частиков В.Н., Шпилько Т.С., Троицкая Н.В. **2022**. Макрозообентос Сахалинского залива Охотского моря в зоне влияния вод реки Амур. *Вопросы рыболовства*, 23(4): 67–88. <https://doi.org/10.36038/0234-2774-2022-23-4-67-88>
 62. Мухаметова О.Н., Лабай В.С., Живоглядов А.А., Пометеев Е.В., Смирнов И.П., Атаманова И.А., Мотылькова И.В., Коновалова Н.В., Никитин В.Д., Корнеев Е.С., Воронков В.Б. **2022**. Биота северо-восточной части Сахалинского залива и сопредельных вод Охотского моря. *Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях: Труды СахНИРО*, 18: 179–214.
 63. Аннин В.К. **2008**. Экология бентосных фораминифер на литорали б. Котиковая (зал. Терпения, о. Сахалин). *Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях: Труды СахНИРО*, 10: 183–189.
 64. Takahashi M., Watanabe Y., Kinoshita T., Watanabe C. **2001**. Growth of larval and early juvenile Japanese anchovy, *Engraulis japonicus*, in the Kuroshio-Oyashio transition region. *Fisheries Oceanography*, 10(2): 235–247. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2419.2001.00160.x>
 65. Takasuka A., Aoki I., Mitani I. **2004**. Three synergistic growth-related mechanisms in the short-term survival of larval Japanese anchovy *Engraulis japonicus* in Sagami Bay. *Marine Ecology Progress Series*, 270: 217–228. <http://dx.doi.org/doi:10.3354/meps270217>
 66. Itoh T., Tominaga S., Kimura R., Karakame M., Ooshita I., Kan-oh Y., Sakiyama T. **2019**. Experimental captive breeding and exhibition of post-larvae «Shirasu» of the Japanese anchovy *Engraulis japonicus*. In: *Proceedings of 10th International aquarium congress. Fukushima, November 7–10, 2018*, 52–55.
 67. Yu H., Yu H., Ito Sh., Tian Y., Wang H., Liu Y., Xing Q., Bakun A., Kelly R.M. **2020**. Potential environmental drivers of Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) recruitment in the Yellow Sea. *Journal of Marine Systems*, 212: 103431. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2020.103431>
 68. Ohata R., Masuda R., Yamashita Y. **2011**. Ontogeny of antipredator performance in hatchery-reared Japanese anchovy *Engraulis japonicus* larvae exposed to visual or tactile predators in relation to turbidity. *Journal of Fish Biology*, 79(7): 2007–2018. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2011.03141.x>
 69. Iseki K., Kiyomoto Y. **1997**. Distribution and settling of Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) eggs at the spawning ground off Changjiang River in the East China Sea. *Fisheries Oceanography*, 6(3): 205–210. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2419.1997.00040.x>

References

- Liu S., Liu Y., Alabia I.D., Tian Y., Ye Z., Yu H., Li J., Cheng J. **2020**. Impact of climate change on wintering ground of Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) using marine geospatial statistics. *Frontiers in Marine Science*, 7: 604. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00604>
- 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*, 30(4): 366–381. <https://doi.org/10.1111/fog.12523>
- Chen X., Liu Q., Yin F. **2023**. Evaluation of Yellow Sea anchovy (*Engraulis japonicus*) fishery for management strategies using a data-limited management toolkit. *Heliyon*, 9(7), e18058, 11 p. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18058>
- Fellatami K., Zhang W., Zhang C., Liu S., Tian Y. **2024**. Age and growth of Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*, Temminck & Schlegel, 1846) in coastal waters around Shandong Peninsula, China. *Fishes*, 9(4), 124. <https://doi.org/10.3390/fishes9040124>
- Baitaliuk A.A., Radchenko V.I. **2024**. The current status and trends in the commercial stock of the Japanese anchovy, *Engraulis japonicus* (Engraulidae), in Russian waters of the Sea of Japan. *Russian Journal of Marine Biology*, 50(7): 380–391. <https://doi.org/10.1134/S1063074024700299>
- Kolpakov N.V., Nikitin V.D. **2023**. Composition and quantitative characteristics of fish communities in the coastal zone of the outer estuary of the Amur River. I. Nevelsky Strait. *Results of the Second Amur expedition. Vol. 2: Transactions of the SakhNIRO*, 19(2): 3–22. (In Russ.).
- Kolpakov N.V., Nikitin V.D. **2023**. Composition and quantitative characteristics of fish communities in the coastal zone of the outer estuary of the Amur River. II. Amur Liman. *Results of the Second Amur expedition. Vol. 2: Transactions of the SakhNIRO*, 19(2): 23–35. (In Russ.).
- Kolpakov N.V., Nikitin V.D., Zhivoglyadov A.A., Prokhorov A.P. **2023**. Composition and quantitative characteristics of fish communities in the coastal zone of the outer estuary of the Amur River. III. Sakhalin Bay. *Results of the Second Amur expedition. Vol. 2: Transactions of the SakhNIRO*, 19(2): 36–51. (In Russ.).
- Velikanov A.Ya. **2004**. On the status of pelagic fish communities off the west and east Sakhalin Island in 2002. *Izvestiya TINRO*, 137: 207–225. (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. *Voprosy rybolovstva = Problems of Fisheries*, 26(1): 59–76. (In Russ.). <https://doi.org/10.36038/0234-2774-2025-26-1-59-76>
- Zhang H., Xian W., Liu S. **2015**. Ichthyoplankton assemblage structure of springs in the Yangtze Estuary revealed by biological and environmental visions. *PeerJ*, 3: e1186. <https://doi.org/10.7717/peerj.1186>
- Kim J.Y., Lee J.B., Suh Y.-S. **2020**. Oceanographic indicators for the occurrence of anchovy eggs inferred from generalized additive models. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 23, 19. <https://doi.org/10.1186/s41240-020-00161-y>
- Fujita T., Yamamoto M., Kono N. Tomiyama T., Sugimatsu K., Yoneda M. **2021**. Temporal variations in hatch date and early survival of Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) in response to environmental factors in the central Seto Inland Sea, Japan. *Fisheries Oceanography*, 30(5): 527–541. <https://doi.org/10.1111/fog.12535>
- Kawaguchi K., Yamashita Y., Hayashi A. **1990**. Some aspects of spawning of the reared Japanese anchovy (*Engraulis japonicus* H.) in relation to the photoperiod water temperature and starvation. *Bulletin of the Japanese Society of Fisheries Oceanography*, 54(4): 364–372.
- Funamoto T., Aoki I., Wada Y. **2004**. Reproductive characteristics of Japanese anchovy, *Engraulis japonicus*, in two bays of Japan. *Fisheries Research*, 70(1): 71–81. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2004.06.017>
- Takasuka A., Oozeki Y., Aoki I. **2007**. Optimal growth temperature hypothesis: Why do anchovy flourish and sardine collapse or vice versa under the same ocean regime? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 64(5): 768–776. <https://doi.org/10.1139/f07-052>
- Funamoto T., Aoki I. **2002**. Reproductive ecology of Japanese anchovy off the Pacific coast of eastern Honshu, Japan. *Journal of Fish Biology*, 60: 154–169. doi:10.1006/jfbi.2001.1829
- Takasuka A., Oozeki Y., Kubota H. **2008**. Multi-species regime shifts reflected in spawning temperature optima of small pelagic fish in the western North Pacific. *Marine Ecology Progress Series*, 360: 211–217. <https://doi.org/10.3354/meps07407>
- Zhu Q., Wu R., Masuda Y., Takahashi Y., Okabe K., Koizum K., Iida A., Katayama S. **2023**. Spawning phenology and early growth of Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) off the Pacific coast of Japan. *Fishes*, 8, 11. <https://doi.org/10.3390/fishes8010011>
- Hayashi A., Goto T., Takahashi M., Watanabe Y. **2019**. How Japanese anchovy spawn in northern waters: start with surface warming and end with day length shortening. *Ichthyological Research*, 66: 79–87. <https://doi.org/10.1007/s10228-018-0652-5>
- Davidova S.V. **1994**. Vstrechaemost' ikry dal'nevostochnoy sardiny i yaponskogo anchousa v zalive Petra Velikogo (Yaponskoe more) (The occurrence of the eggs of Japanese sardine and Japanese anchovy in Peter the Great Bay (the Sea of Japan)). *Izvestiya TINRO*, 115: 130–136. (In Russ.).

22. Davidova S.V., Shevchenko A.V. **2002**. Spawning of Japanese anchovy *Engraulis japonicus* (Engraulidae) in Peter the Great Bay (the Sea of Japan) in 1996–1998. *Journal of Ichthyology*, 42(2): 170–179.
23. 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*, 44(2): 158–166.
24. Moukhametova O.N., Moukhametov I.N. **2013**. Ichthyoplankton of nearshore area of Aniva Bay. *Water life biology, resources status and condition of inhabitation in Sakhalin-Kuril region and adjoining water areas: Trudy SakhNIRO = Transactions of the SakhNIRO*, 14: 180–197. (In Russ.).
25. Moukhametova O.N. **2012**. Ichthyoplankton as an indicator of fish reproduction in Tatarskiy Strait (Japan Sea). In: *Proceedings of the 27th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice (Mombetsu, Hokkaido, Japan, 19–24 February 2012)*, 133–136.
26. Moukhametova O.N. **2014**. Reproductive and nursery potential of nearshore area in the East of Tatarskiy Strait. In: *Proceedings of the 29th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice (Mombetsu, Hokkaido, Japan, 16–19 February 2014)*, 288–291.
27. Moukhametova O.N. **2013**. Seasonal Formation of Ichthyoplankton Complexes in Aniva Bay (Southern Sakhalin). In: *Proceedings of the 28th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice (Mombetsu, Hokkaido, Japan, 17–24 February 2013)*, 62–65.
28. Sekiguchi H., Sugishima H. **1995**. Fine-scale spatial distribution of anchovy eggs in Ise Bay, Central Japan. *Bulletin of the Japanese Society of Fisheries Oceanography*, 59(1): 19–31.
29. Yang Y.Y., Zhu M.M., Song Q.Q., Wang X.X., Li F., Zhang X.M., Pang Z.W., Su B. **2024**. The water-sediment regulation scheme on the community structure of ichthyoplankton in the Yellow River estuary. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 48(3): 488–503. <https://doi.org/10.7541/2024.2023.0241>
30. Islam M.Sh., Tanaka M. **2009**. Diet and prey selection in larval and juvenile Japanese anchovy *Engraulis japonicus* in Ariake Bay, Japan. *Aquatic Ecology*, 43(2): 549–558. <https://doi.org/10.1007/s10452-008-9207-6>
31. Zhang H., Xian W., Liu S. **2016**. Autumn ichthyoplankton assemblage in the Yangtze Estuary shaped by environmental factors. *PeerJ*, 4: e1922. <https://doi.org/10.7717/peerj.1922>
32. Miró J.M., Megina C., Donázar-Aramendía I., Reyes-Martínez M.J., Sánchez-Moyano J.E., García-Gómez J.C. **2020**. Environmental factors affecting the nursery function for fish in the main estuaries of the Gulf of Cadiz (south-west Iberian Peninsula). *Science of the Total Environment*, 737: 139614. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139614>
33. Arevalo E., Cabral H.N., Villeneuve B., Possémé C., Lepage M. **2023**. Fish larvae dynamics in temperate estuaries: A review on processes, patterns and factors that determine recruitment. *Fish and Fisheries*, 24(3): 466–487. <https://doi.org/10.1111/faf.12740>
34. Wan R., Song P., Li Z., Long X., Wang D., Zhai L. **2023**. Larval fish spatiotemporal dynamics of different ecological guilds in Yangtze Estuary. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(1): 143. <https://doi.org/10.3390/jmse11010143>
35. Chen C.S., Chiu T.S. **2003**. Early life history traits of Japanese anchovy in the northeastern waters of Taiwan, with reference to larval transport. *Zoological Studies*, 42(2): 248–257.
36. Liu C., Xian W., Liu S., Chen Y. **2018**. Variations in early life history traits of Japanese anchovy *Engraulis japonicus* in the Yangtze River Estuary. *PeerJ*, 6: e4789. <https://doi.org/10.7717/peerj.4789>
37. Mukhametova O.N. **2024**. Species composition, seasonal dynamics and spatial distribution of fish eggs and larvae near the mouth of the Manuy River off the Eastern coast of Sakhalin Island. *Water life biology, resources status and condition of inhabitation in Sakhalin-Kuril region and adjoining water areas: Trudy SakhNIRO = Transactions of the SakhNIRO*, 20: 58–92. (In Russ.).
38. Moukhametova O.N. **2012**. Ichthyoplankton studies in the Laboratory of Hydrobiology. *Water life biology, resources status and condition of inhabitation in Sakhalin-Kuril region and adjoining water areas: Trudy SakhNIRO = Transactions of the SakhNIRO*, 13: 118–133. (In Russ.).
39. Osadchiev A.A. **2017**. Spreading of the Amur River plume in the Amur Liman, Sakhalin Gulf, and the Strait of Tartary. *Oceanology*, 57(3): 376–382. <https://doi.org/10.1134/S0001437017020151>
40. Moroz V.V., Shatilina T. A., N.I. Rudykh. **2021**. The abnormally thermal regime forming in the North part of the Tatar Strait and Amur Liman under the influence of atmosphere processes. *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*, 6: 101–110. https://doi.org/10.37102/0869-7698_2021_220_06_10
41. Zhabin I.A., Abrosimova A.A., Dubina V.A., Nekrasov D.A. **2010**. Influence of the Amur River runoff on the hydrological conditions of the Amur Liman and Sakhalin Bay (Sea of Okhotsk) during the spring-summer flood. *Russian Meteorology and Hydrology*, 35(4): 295–300. <https://doi.org/10.3103/S1068373910040084>
42. Rakitin T.D. **2024**. Landscape-bionomic zoning and spatial-temporal multiyear dynamics of phytoplankton chlorophyll-a concentration in the coastal zone of the northwestern part of the Sea of Japan. *Biosfera*, 2: 206–222. (In Russ.).
43. Tskhay Zh.R., Khen G.V. **2021**. Estimating the Total Concentration of Chlorophyll *a* in the Sea of Okhotsk

- Using Satellite Data. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*, 57(9): 980–990. <https://doi.org/10.1134/S0001433821090656>
44. Tskhay Zh.R., Shevchenko G.V. **2023**. Influence of the Amur River runoff on the spatial distributions of sea surface temperature and chlorophyll a concentrations in the Amur Liman and adjacent areas. *Results of the Second Amur expedition. Vol. 2: Transactions of the SakhNIRO*, 19(2): 117–133. (In Russ.).
45. Zhabin I.A., Dubina V.A. **2008**. Influence of Amur River runoff on hydrological conditions of the Amur estuary. *Water life biology, resources status and condition of inhabitation in Sakhalin-Kuril region and adjoining water areas: Trudy SakhNIRO = Transactions of the SakhNIRO*, 10: 190–200. (In Russ.).
46. Rogachev K.A., Shlyk N.V. **2011**. Anticyclonic circulation in the Sakhalin Bay, Sea of Okhotsk determined from satellite data. *Issledovanie Zemli iz Kosmosa*, 6: 73–79. (In Russ.).
47. Andreev A.G. **2019**. Distribution of desalinated waters of the Amur Estuary in the Okhotsk Sea according to satellite observations. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*, 55(9): 1160–1165. <https://doi.org/10.1134/S0001433819090068>
48. Labay V.S., Dairova D.S., Kurilova N.V., Shpil'ko T.S. **2013**. Macrobenthos of Baikal Bay (Sakhalin Island). *Water life biology, resources status and condition of inhabitation in Sakhalin-Kuril region and adjoining water areas: Trudy SakhNIRO = Transactions of the SakhNIRO*, 14: 211–236. (In Russ.).
49. Wan R., Bian X. **2012**. Size variability and natural mortality dynamics of anchovy *Engraulis japonicus* eggs under high fishing pressure. *Marine Ecology Progress Series*, 465: 243–251. <https://doi.org/10.3354/meps09795>
50. Sokolovskaya T.G., Belyaev V.A. **1987**. *Rekomendatsii po sboru i obrabotke ikhtoplanktona zony techeniya Kuroshio*. Vladivostok: TINRO, 70 p. (In Russ.).
51. Bavrina A.P. **2021**. Modern rules for the use of parametric and nonparametric tools in the statistical analysis of biomedical data. *Medical Almanac*, 1(66): 64–73. (In Russ.).
52. Khlebovich V.V. **1974**. *Kriticheskaya solenost' biologicheskikh protsessov = The critical salinity of biological processes*. Leningrad: Nauka, 236 p. (In Russ.).
53. Khlebovich V.V. **1989**. Kriticheskaya solenost' i khorogalinikum: sovremennyy analiz ponyatiy. *Trudy ZIN AN SSSR*, 196: 5–11. (In Russ.).
54. 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. *Journal of Ichthyology*, 60(1): 36–47. <https://doi.org/10.1134/S0032945220010154>
55. Shevchenko G.V., Lozhkin D.M. **2022**. Seasonal variations in the surface temperature of the Sea of Okhotsk and surrounding regions from satellite data. *Journal of Oceanological Research*, 50(1): 25–37. (In Russ.). [https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2022.50\(1\).3](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2022.50(1).3)
56. Yakunin L.P., Dudarev O.V., Botsul A.I., Anikiev V.V., Utkin I.V. **2000**. Effect of hydrometeorological factors on suspended matter distribution in Okhotsk Sea part of the Amur River estuary. *Hydrometeorological and ecological conditions of the Far Eastern seas: marine environmental impact assessment. FERHRI Special Issue*. Vladivostok, 3: 139–149. (In Russ.).
57. Mogilnikova T.A., Latkovskaya E.M., Koreneva T.G. **2011**. Hydrochemical conditions for summer phytoplankton development in Baikal Bay (northwestern Sakhalin). *Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings*, 5: 360–369. (In Russ.).
58. Xing Q., Yu H., Yu H., Sun P., Liu Y., Ye Z., Li J., Tian Y. **2020**. A comprehensive model-based index for identification of larval retention areas: A case study for Japanese anchovy *Engraulis japonicus* in the Yellow Sea. *Ecological Indicators*, 116: 106479. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106479>
59. Checkley D.M.Jr., Asch R.G., Rykaczewski R.R. **2017**. Climate, anchovy, and sardine. *Annual Review of Marine Science*, 9: 469–493. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-122414-033819>
60. Sergeeva N.P., Tepnin O.B., Veselov S.A., Smirnov A.V. **2019**. Spawning intensity and structure of parental stock of the Western Bering Sea Walleye pollock in 2018. *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the North-West Part of the Pacific Ocean*, 1(53): 34–40. (In Russ.). <https://doi.org/10.15853/2072-8212.2019.53.34-40>
61. Labay V.S., Shevchenko G.V., Galanin D.A., Chastikov V.N., Shpilko T.S., Troitzkaya N.V. **2022**. Macrobenthos of the Sakhalin Bay of the Sea of Okhotsk in the zone of influence of Amur River waters.: Results of the Second Amur expedition. Vol. 1. *Voprosy rybolovstva = Problems of Fisheries*, 23(4): 67–88. (In Russ.). <https://doi.org/10.36038/0234-2774-2022-23-4-67-88>
62. Mukhametova O.N., Labay V.S., Zhivoglyadov A.A., Pometeev E.V., Smirnov I.P., Atamanova I.A., Motyl'kova I.V., Konovalova N.V., Nikitin V.D., Korneev E.S., Voronkov V.B. **2022**. Biota of the northeastern part of Sakhalinskyi Bay and adjacent waters of the Okhotsk Sea. *Water life biology, resources status and condition of inhabitation in Sakhalin-Kuril region and adjoining water areas: Trudy SakhNIRO = Transactions of the SakhNIRO*, 18: 179–214. (In Russ.).
63. Annin V.K. **2008**. Ecology of benthic foraminifera in the littoral zone of Kotikovaya Bight (Terpeniya Bay, Sakhalin Island). *Water life biology, resources status and condition of inhabitation in Sakhalin-Kuril region*

and adjoining water areas: *Trudy SakhNIRO = Transactions of the SakhNIRO*, 10: 183–189. (In Russ.).

64. Takahashi M., Watanabe Y., Kinoshita T., Watanabe C. **2001**. Growth of larval and early juvenile Japanese anchovy, *Engraulis japonicus*, in the Kuroshio-Oyashio transition region. *Fisheries Oceanography*, 10(2): 235–247. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2419.2001.00160.x>
65. Takasuka A., Aoki I., Mitani I. **2004**. Three synergistic growth-related mechanisms in the short-term survival of larval Japanese anchovy *Engraulis japonicus* in Sagami Bay. *Marine Ecology Progress Series*, 270: 217–228. <http://dx.doi.org/doi:10.3354/meps270217>
66. Itoh T., Tominaga S., Kimura R., Karakame M., Ooshita I., Kan-oh Y., Sakiyama T. **2019**. Experimental captive breeding and exhibition of post-larvae «Shirasu» of the Japanese anchovy *Engraulis japonicus*. In: *Proceedings of 10th International aquarium congress. Fukushima, November 7–10, 2018*, 52–55.
67. Yu H., Yu H., Ito Sh., Tian Y., Wang H., Liu Y., Xing Q., Bakun A., Kelly R.M. **2020**. Potential environmental drivers of Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) recruitment in the Yellow Sea. *Journal of Marine Systems*, 212: 103431. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2020.103431>
68. Ohata R., Masuda R., Yamashita Y. **2011**. Ontogeny of antipredator performance in hatchery-reared Japanese anchovy *Engraulis japonicus* larvae exposed to visual or tactile predators in relation to turbidity. *Journal of Fish Biology*, 79(7): 2007–2018. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2011.03141.x>
69. Iseki K., Kiyomoto Y. **1997**. Distribution and settling of Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) eggs at the spawning ground off Changjiang River in the East China Sea. *Fisheries Oceanography*, 6(3): 205–210. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2419.1997.00040.x>

Об авторах

Мухаметова Ольга Николаевна (<https://orcid.org/0000-0001-8672-9086>), кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории гидробиологии Сахалинского филиала Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, Южно-Сахалинск, Россия, olga.sakhniro@gmail.com

Мухаметов Ильяс Ниазович (<https://orcid.org/0009-0003-6147-2052>), кандидат биологических наук, зав. сектором морских рыб лаборатории морских и пресноводных рыб Сахалинского филиала Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, Южно-Сахалинск, Россия, moukh00@mail.ru

About the Authors

Moukhametova, Olga N. (<https://orcid.org/0000-0001-8672-9086>), Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher at the Laboratory of hydrobiology of Sakhalin Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Yuzhno-Sakhalinsk, Russian Federation, olga.sakhniro@gmail.com

Moukhametov, Ilias N. (<https://orcid.org/0009-0003-6147-2052>), Cand. Sci. (Biology), Head of the Marine fish sector of the Marine and freshwater fish laboratory of Sakhalin Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Yuzhno-Sakhalinsk, Russian Federation, moukh00@mail.ru

Поступила 26.05.2025

Принята к публикации 17.08.2025

Received 26 May 2025

Accepted 17 August 2025