

УДК 597.2/5-15(282.257.6)

СТРУКТУРА ПРИБРЕЖНОГО ИХТИОПЛАНКТОНА В РАЙОНЕ ВПАДЕНИЯ РЕКИ ДУДИНКА (ВОСТОЧНЫЙ САХАЛИН)

© 2023 г. О. Н. Мухаметова

Сахалинский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (СахНИРО), Южно-Сахалинск, Российская Федерация

E-mail: olga.sakhniro@gmail.com

Поступила в редакцию 06.11.2021; после доработки 12.06.2022;
принята к публикации 04.08.2023; опубликована онлайн 01.12.2023.

Изучены структура ихтиопланктонного комплекса и особенности раннего развития массовых видов рыб на морском прибрежном полигоне у восточного побережья острова Сахалин. Для района исследований характерны значительные вариации температуры и солёности в мае — июле. Минимальная температура воды (+0,4 °С) отмечена на глубине 20 м в мае, а максимальная (+15,7 °С) — на глубине 3 м в сентябре. Солёность в течение всего периода исследований колебалась от 3,5 PSU на литорали в районе устья реки Дудинка до 31 PSU на глубине 13–20 м. В ихтиопланктоне идентифицированы икра и личинки 17 видов рыб из 5 семейств, типичных для вод Восточного Сахалина. По количеству видов преобладали представители семейства Pleuronectidae, формировавшие 71 % таксономического списка. По численности во второй декаде мая доминировали икра и личинки *Gadus chalcogrammus* (71 % суммарной величины), в третьей декаде мая — донная икра *Clupea pallasii* (70%), с июня по сентябрь — икра и личинки Pleuronectidae (91–100 %). Осреднённая за период исследований численность ихтиопланктона снижалась с 52 экз.·м⁻³ на литорали до 21–22 экз.·м⁻³ над глубинами 5–10 м и до 13 экз.·м⁻³ над глубиной 20 м. Доля мёртвых икринок *G. chalcogrammus* и камбал Pleuronectidae не превышала значений для вод Северо-Восточного Сахалина и была ниже, чем в заливе Анива. В мае у *G. chalcogrammus* и *Hippoglossoides robustus* отмечено увеличение доли предличинок с аномалиями, что может быть вызвано попаданием икры на завершающих стадиях развития в неблагоприятные условия среды. Максимальное видовое разнообразие зарегистрировано в июне. Четыре вида формировали 77 % накопленного обилия — *G. chalcogrammus*, *H. robustus*, *Myzopsetta punctatissima* и *Limanda aspera*.

Ключевые слова: икра рыб, личинки рыб, ихтиопланктон, численность, видовое разнообразие, Восточный Сахалин

В водах Юго-Восточного Сахалина обитает более 100 видов рыб [Dyldin et al., 2021], из которых 79 встречаются в траловых уловах. По числу видов (16) и по биомассе (до 47–60 % от общей величины) преобладают камбаловые Pleuronectidae Rafinesque, 1815. Высокую биомассу имеют также тресковые Gadidae Rafinesque, 1810 (до 32–44 %) и рогатковые Cottidae Bonaparte, 1831 (6–11 %). Численность видов с продолжительным жизненным циклом — тихоокеанского минтая *Gadus chalcogrammus* Pallas, 1814, северной палтусовидной *Hippoglossoides robustus* Gill & Townsend, 1897, желтопёрой *Limanda aspera* (Pallas, 1814), сахалинской *Limanda sakhalinensis* Hubbs, 1915 и звездчатой *Platichthys stellatus* (Pallas, 1787) камбал, а также керчаков рода *Myoxocephalus* Tilesius, 1811 — может оставаться относительно стабильной в течение длительного периода времени [Шунтов, Темных, 2018; Шунтов и др., 1993]. Численность

видов с более коротким циклом — тихоокеанской сельди *Clupea pallasii* Valenciennes, 1847, дальневосточной мойвы *Mallotus villosus* (Müller, 1776), дальневосточной наваги *Eleginus gracilis* (Tilesius, 1810) и японского анчоуса *Engraulis japonicus* Temminck & Schlegel, 1846 (видомигранта) — подвержена значительным колебаниям [Великанов, 2006; Давыдова, 1994].

Ихтиопланктон прибрежных районов Юго-Восточного Сахалина формируется как за счёт икры и личинок морских видов рыб, попадающих на мелководья в результате дрейфа, так и за счёт резидентных видов, которые размножаются вблизи берегов. В течение многих лет у восточного побережья Сахалина проводили исключительно судовые исследования ихтиопланктона в период гидрологической весны (май — июнь) для оценки запасов *G. chalcogrammus*, реже *H. robustus*. У юго-восточного побережья острова Сахалин наиболее крупные нерестилища этих видов находятся в заливе Терпения. Основные скопления икры формируются как в центральной части залива над изобатами 60–70 м [Зверькова, 2003; Тарасюк, Пушкинов, 1982; Шунтов и др., 1993], так и севернее 48° с. ш. у западного побережья [Мухаметова, Мухаметов, 2013]. Нерест *G. chalcogrammus* и *H. robustus* совпадает по времени и в пространстве [Moukhametov, Chastikov, 2015; Mukhametov, Mukhametova, 2017]. Дрейф икры и личинок этих двух видов имеет сходное направление, и увеличение их концентраций в прибрежных районах обычно происходит одновременно [Мухаметова, 2020а, б].

В тёплый период года в воспроизводстве рыб возрастает роль мелководий. Прибрежная зона Юго-Восточного Сахалина становится местом образования нерестовых скоплений многих Pleuronectidae, *Cl. pallasii*, *M. villosus* и морской малоротой корюшки *Hypomesus japonicus* (Brevoort, 1856) [Ким Сен Ток, 2011]. Средняя численность ихтиопланктона может достигать значительных величин — 300–400 экз.·м⁻³ и более [Мухаметова, Мухаметов, 2013]. На участке юго-восточного побережья между 46° и 48° с. ш. в составе ихтиопланктона идентифицированы икра и личинки 37 видов из 14 семейств. Вследствие роста разнообразия и численности рыб в заливе Терпения [Ким Сен Ток, 2002] происходит увеличение видового разнообразия и численности рыб с юга на север, преимущественно за счёт представителей Pleuronectidae. Аналогичные изменения отмечены в ихтиопланктоне. Суммарные концентрации ихтиопланктона и доля Pleuronectidae возрастали в северном направлении. При повсеместно высокой численности икры длиннорылой камбалы *Myxopsetta punctatissima* (Steindachner, 1879) к югу от 47° с. ш. к преобладающим формам относились также икра и личинки *Pl. stellatus* и *E. japonicus*. Максимальная численность ихтиопланктона приходилась на август. К северу от 47° с. ш. доминировали икра и личинки *G. chalcogrammus*, *H. robustus*, *Cl. pallasii* и *L. aspera*. Эта часть, в сравнении с южной, характеризовалась тем, что пик численности ихтиопланктона был смещён на май — июнь [Мухаметова, 2014, 2020а, б].

Несмотря на высокую значимость мелководных акваторий Юго-Восточного Сахалина в воспроизводстве прибрежных и морских рыб, современных данных, характеризующих развитие их икры и личинок, недостаточно. Цель настоящей работы — описать ихтиопланктон на прибрежном полигоне у восточного побережья острова Сахалин, в районе впадения реки Дудинка. В задачи исследований входило изучение сезонных изменений видового состава, численности и разнообразия ихтиопланктона, а также особенностей развития икры и личинок массовых видов рыб в связи с условиями среды обитания.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Пробы ихтиопланктона отбирали на морском полигоне в районе впадения реки Дудинка с мая по октябрь 2020 г. Для отбора проб использовали сеть ИКС-50 с площадью входного отверстия 0,2 м² и ячейей 0,35 мм [Расс, Казанова, 1966]. Станции были расположены на изобатах 0–0,5 м (ликтораль), 5 м, 10 м и 20 м. Со второй декады мая до конца июня, в период массового нереста

прибрежных видов рыб, съёмки выполняли еженедельно. В июле из-за плохих погодных условий было выполнено две съёмки — во второй и третьей декадах. С августа по октябрь отбор проб производили ежемесячно. Раз в календарный сезон пробы отбирали на четырёх разрезах (во второй декаде мая, в третьей декаде июля и в октябре), в остальные периоды — на двух центральных разрезах (рис. 1). Всего в 10 съёмках собрано 104 пробы ихтиопланктона.

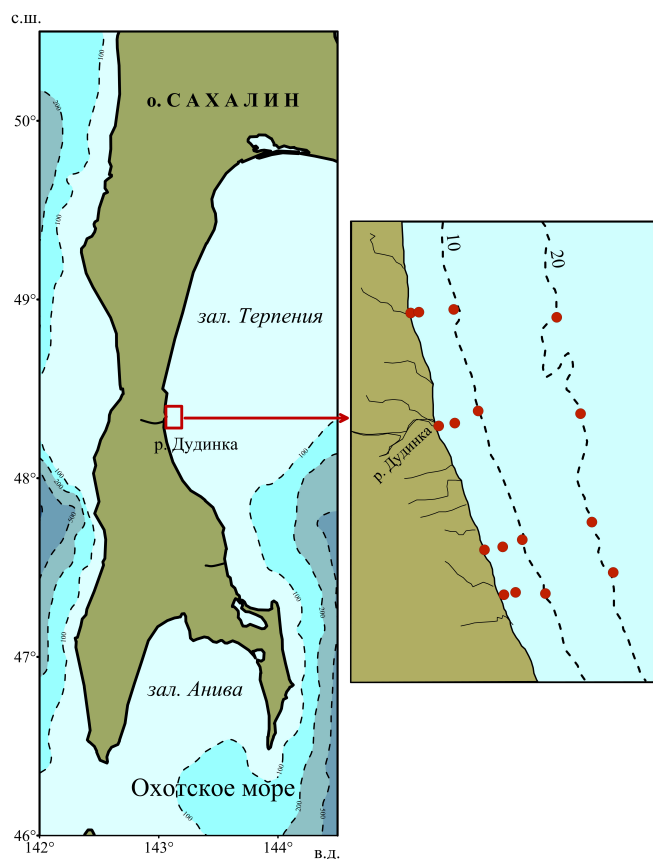


Рис. 1. Расположение полигона и станций отбора проб в районе впадения реки Дудинка в 2020 г.

Fig. 1. Scheme of ichthyoplankton sampling in the inshore site at the confluence of the Dudinka River in 2020

Над глубинами от 5 до 20 м ихтиопланктонную сеть поднимали с моторной лодки вертикально от дна до поверхности. В литоральной зоне через сеть проливали 100 л морской воды [Руководство по методам, 1983]. Пробы фиксировали 4%-ным раствором формальдегида.

Численность ихтиопланктона пересчитывали на 1 м^3 для вертикальных ловов по формуле:

$$N = (n \times 5) / S,$$

где N — численность ихтиопланктона в 1 м^3 , экз.·м⁻³;

n — численность ихтиопланктона в улове, экз.;

S — расстояние, пройденное сетью, м;

5 — коэффициент приведения площади входного отверстия сети к 1 м^2 .

Пересчёт численности при отборе проб в литоральной зоне выполняли по формуле:

$$N = n \times 10,$$

где N — численность ихтиопланктона, экз.·м⁻³;

n — численность ихтиопланктона в улове, экз.;

10 — коэффициент приведения численности к 1 м^3 .

На каждой станции многопараметрическим зондом YSI-85 измеряли температуру, солёность и содержание кислорода от поверхности до дна с дискретностью 1 м. Кислород замеряли только в мае — июне. Для анализа использовали значения температуры и солёности, осреднённые для каждой съёмки в слое от дна до поверхности, в поверхностном и придонном горизонте. Данные по направлению и силе ветра взяты из архива погоды с сайта <https://rp5.ru/> [2021].

Камеральную обработку проб ихтиопланктона осуществляли под биноклем Olympus SZX10, оснащённым окуляр-микрометром. Икру и личинок каждого вида измеряли с точностью до 0,01 мм. Стадии развития икры определяли по принятым методикам [Расс, Казанова, 1966]. При выявлении нарушений у эмбрионов и личинок ориентировались на описания нормального развития и патологий в раннем онтогенезе рыб [Давыдова, 1994; Перцева-Остроумова, 1961].

Систематика видов дана по электронной базе WoRMS [2021]. Для выделения классов доминирования применяли шкалу Любарского, в соответствии с которой абсолютными доминантами являлись виды с относительной численностью от 64 до 100 %, доминантами — от 36 до 64 %, субдоминантами — от 16 до 36 % [Баканов, 2005]. Временем массового нереста рыб и развития ранних стадий онтогенеза считали период, в который суммарная доля икры и личинок определённого вида составляла не менее 50 % от всех учтённых в исследованиях.

Для статистической обработки использовали пакет анализа данных MS Office Excel. Для оценки достоверности разницы между средними применяли *t*-критерий Стьюдента.

На основе полученных данных по видовому составу и численности ихтиопланктона была построена кривая доминирования — разнообразия [Odum, 1983; Whittaker, 1975] и вычислены экологические индексы [Margalef, 1958; Pielou, 1966; Shannon, Weaver, 1949; Simpson, 1949] (табл. 1).

Таблица 1. Индексы биоразнообразия, применяемые для характеристики ихтиопланктона

Table 1. Indices of biodiversity used for the description of ichthyoplankton

| Индекс | Формула | Обозначения | Источники |
|-------------------------------|---|--|-----------------------------------|
| Разнообразия Шеннона — Уивера | $H = -\sum p_i \times \log_2 p_i$ | p_i — доля <i>i</i> -го вида в численности | Odum, 1983; Shannon, Weaver, 1949 |
| Выравниности Пиелу | $E = \frac{H}{\log_2 S}$ | H — индекс Шеннона; S — число видов | Odum, 1983; Pielou, 1966 |
| Доминирования Симпсона | $D = \sum_i^s \left(\frac{n_i}{N}\right)^2$ | n_i — численность <i>i</i> -го вида; N — общая численность | Odum, 1983; Simpson, 1949 |
| Видового богатства Маргалефа | $D_{Mg} = (S - 1) / \ln N$ | S — число видов; N — число особей | Margalef, 1958; Odum, 1983 |

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Структурирующее действие на экосистему залива Терпения, в том числе на транспорт ихтиопланктона, оказывают проникающие с востока воды Восточно-Сахалинского течения, сложная система вихрей и вдольбереговое течение у западного побережья, преимущественно южного направления [Пак и др., 2017; Шевченко и др., 2020]. Вблизи реки Дудинка, как и на ранее изученных полигонах, которые расположены южнее, наблюдается достаточно сильная вариабельность параметров среды, особенно в весенний гидрологический сезон; она обусловлена смешиванием более тёплых опреснённых поверхностных вод с более холодными и солёными морскими водами из придонных горизонтов в результате смены прибрежных апвеллингов и даунвеллингов,

формирующихся под действием сгонных ветров западных направлений и нагонных ветров восточных направлений [Шевченко и др., 2021]. Главную роль в формировании прибрежных потоков, вероятно, играют ветровое воздействие с преобладанием ветров юго-восточных и восточных направлений и вдольбереговое течение с меридиональной ориентацией [Шевченко и др., 2021].

В период проведения ихтиопланктонных съёмок осреднённая для всего столба воды температура возрастала от +5,8 °С в мае до +13,3 °С в октябре при величине достоверности аппроксимации (R^2) 0,92. До августа прогрев воды происходил синхронно с увеличением температуры воздуха при коэффициенте корреляции (R), равном 0,93. Абсолютный минимум за период исследований (+0,4 °С) зарегистрирован на глубине 20 м в мае, максимум (+15,7 °С) отмечен на глубине 3 м в сентябре. На протяжении всего периода исследований в акватории наблюдали пониженные значения солёности — в среднем от 26,2 до 30,4 PSU. Минимальное значение (3,5 PSU) зафиксировано в первой декаде июня вблизи устья реки Дудинка, а максимальные (31 PSU и выше) — у дна, на глубине 13–20 м. Тренд на понижение солёности отмечен в разгар половодья, с конца мая до начала июня ($R^2 = 1$), и в период паводков, в сентябре — октябре ($R^2 = 0,93$) [Онищенко, 1987]. Если сильное опреснение затрагивало преимущественно приустьевые участки, где происходит развитие икры и личинок эвригаллиных видов рыб с донной икрой, таких как *H. japonicus*, *M. villosus* и *Cl. pallasii*, то значительные колебания температуры наблюдались во всей исследуемой акватории в местах нереста и выростных зонах как прибрежных, так и морских рыб. В результате формирования прибрежных апвеллингов под действием юго-западных ветров были зарегистрированы случаи резкого снижения температуры — до отрицательных значений в мае и с +12 °С до +2...+3 °С в июле. Преобладающие в весенний период ветры восточных румбов обеспечивают дополнительный транспорт икры и личинок морских видов в прибрежье. Положительная связь обнаружена между средней численностью ихтиопланктона и ветрами северного и восточного направлений ($R = 0,69$). Отрицательную зависимость выявили при преобладании ветров, дующих в секторе юго-восток — запад ($R = -0,65$). Численность ихтиопланктона также зависела от скорости ветра ($R = 0,64$). Максимальные плотности ихтиопланктона на глубинах 0–0,5 м регистрировали в мае — июне в период преобладания ветров северного и восточного направлений и при наиболее высоких средних скоростях (3,9–4,5 м·с⁻¹). Полученные коэффициенты корреляции указывают на значимое воздействие ветрового переноса ихтиопланктона на исследуемом участке и на преобладание транспорта из сектора север — восток.

Колебания температуры и солёности, а также ударное действие волн, в том числе характерной для данного района зыби, не относятся к оптимальным условиям для развития планктонных сообществ, в частности для пелагической икры и ранних личинок рыб [Перцева-Остроумова, 1961; Тарасюк, 1994]. К факторам, положительно влияющим на структуру ихтиопланктона в районе реки Дудинка, можно причислить близость к обширному, прикрытому с востока полуостровом Терпения шельфу, для которого характерен лучший, чем на открытых южных участках, прогрев [Ложкин и др., 2018; Шевченко и др., 2020]. Заток в залив Терпения ветви Восточно-Сахалинского течения и мощный сток реки Поронай вдоль западного берега [Пак и др., 2017] способствуют поступлению биогенов в толщу воды, которые обеспечивают высокие биомассы фитопланктона [Mukhametova et al., 2022], являющегося стартовым кормом для личинок рыб [Kim Sen Tok et al., 2017] и увеличивающего продуктивность организмов других трофических уровней — зоопланктона, бентоса, рыб.

Икра и личинки рыб встречались на полигоне в районе реки Дудинка с мая по сентябрь. В ихтиопланктоне были идентифицированы 17 видов рыб из 5 семейств. Кроме пелагической икры, в состав уловов входила донная икра сельди *Cl. pallasii* и камбалы Шренка *Pseudopleuronectes schrenki* (Schmidt, 1904). Появление донной икры в толще воды обычно для видов с литоральными нерестилищами — *Cl. pallasii*, *M. villosus*, *H. japonicus*, рыбы-лапши *Salangichthys*

microdon (Bleeker, 1860) — в периоды массового нереста [Мухаметова, 2020b; Мухаметова, Баланов, 2013]. По числу видов (12; ≈ 71 % таксономического состава) преобладали представители семейства Pleuronectidae. В октябре ихтиопланктон в уловах отсутствовал. Период повышенного видового обилия длился с мая до конца июля и сопровождался несущественными колебаниями: количество видов составляло 7–10. За исключением нескольких низкореальных видов камбал [желтополосой *Pseudopleuronectes herzensteini* (Jordan et Snyder, 1901), тёмной *Pseudopleuronectes obscurus* (Herzenstein, 1890), *Ps. schrenki* и *M. punctatissima*], характерных для ихтиоценов и ихтиопланктонных комплексов южных районов Охотского моря и Татарского пролива, идентифицированные виды были типичны для шельфа Восточного Сахалина. Многие виды Pleuronectidae были представлены одновременно икрой и личинками.

Максимальная численность ихтиопланктона, 61,17 экз. \cdot м⁻³, приходилась на май (табл. 2). В это же время была зафиксирована наиболее высокая неоднородность в его пространственном распределении, обусловленная превалярованием заносных морских видов (в основном икры *G. chalcogrammus* и *H. robustus*) и низкой интенсивностью нереста рыб на мелководье. Стандартное отклонение в мае вдвое превышало среднюю численность ихтиопланктона. Развитие нереста камбал прибрежного комплекса в июне — августе привело к более равномерному распределению уловов. Тем не менее вариации численности икры и личинок по станциям оставались значительными в течение всего периода исследований. Существенное снижение концентраций началось в августе на фоне завершения нереста пелагофилов.

Таблица 2. Видовой состав, численность и показатели видового разнообразия ихтиопланктона на прибрежном полигоне в районе впадения реки Дудинка в 2020 г. (числитель — икра в % от общей численности икры; знаменатель — личинки в % от общей численности личинок)

Table 2. Species composition, abundance, and indices of the ichthyoplankton species diversity in the in-shore site at the confluence of the Dudinka River in 2020 (numerator denotes eggs, % of the total abundance of eggs; denominator denotes larvae, % of the total abundance of larvae)

| Вид | Май | Июнь | Июль | Август | Сентябрь | В среднем за период, % |
|--|-----------------------|---------------------|---------------------|-------------------|------------------|------------------------|
| Семейство Clupeidae — сельдевые | | | | | | |
| <i>Clupea pallasii</i> Valenciennes, 1847 — тихоокеанская сельдь | $\frac{12,67}{0,79}$ | $\frac{1,63}{0}$ | — | — | — | $\frac{7,50}{0,30}$ |
| Семейство Gadidae — тресковые | | | | | | |
| <i>Gadus chalcogrammus</i> Pallas, 1814 — тихоокеанский минтай | $\frac{61,03}{62,88}$ | $\frac{3,75}{1,96}$ | $\frac{1,55}{0}$ | $\frac{3,28}{0}$ | — | $\frac{35,47}{24,15}$ |
| Семейство Cottidae — рогатковые | | | | | | |
| <i>Bero elegans</i> (Steindachner, 1881) — элегантный бычок | — | $\frac{0}{39,22}$ | — | — | — | $\frac{0}{8,00}$ |
| <i>Gymnocanthus pistilliger</i> (Pallas, 1814) — нитчатый шлемоносец | $\frac{0}{0,40}$ | — | — | — | — | $\frac{0}{0,15}$ |
| Семейство Liparidae — липаровые | | | | | | |
| <i>Liparis latifrons</i> Schmidt, 1950 — широколобый липарис | $\frac{0}{0,40}$ | — | — | — | — | $\frac{0}{0,15}$ |
| Семейство Pleuronectidae — камбаловые | | | | | | |
| <i>Glyptocephalus stelleri</i> (Schmidt, 1904) — дальневосточная длинная камбала | — | — | $\frac{1,70}{0,75}$ | $\frac{21,31}{0}$ | $\frac{2,22}{0}$ | $\frac{1,05}{0,30}$ |
| <i>Hippoglossoides robustus</i> Gill & Townsend, 1897 — северная палтусовидная камбала | $\frac{25,33}{34,76}$ | $\frac{0,12}{1,96}$ | — | — | — | $\frac{14,24}{13,53}$ |

Продолжение на следующей странице...

| Вид | Май | Июнь | Июль | Август | Сентябрь | В среднем за период, % |
|--|------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|------------------------|
| <i>Limanda aspera</i> (Pallas, 1814) — желтопёрая камбала | – | $\frac{23,46}{0,98}$ | $\frac{12,33}{67,41}$ | $\frac{75,41}{0}$ | $\frac{97,78}{100,00}$ | $\frac{11,52}{28,99}$ |
| <i>Limanda sakhalinensis</i> Hubbs, 1915 — сахалинская лиманда | – | $\frac{4,81}{0}$ | $\frac{0,30}{0}$ | – | – | $\frac{1,21}{0}$ |
| <i>Liopsetta pinnifasciata</i> (Кнер, 1870) — полосатая камбала | $\frac{0}{0,77}$ | – | – | – | – | $\frac{0}{0,29}$ |
| <i>Myzopsetta proboscidea</i> (Gilbert, 1896) — хоботная камбала | – | $\frac{5,18}{0,98}$ | – | – | – | $\frac{1,25}{0,20}$ |
| <i>Myzopsetta punctatissima</i> (Steindachner, 1879) — длиннорылая камбала | $\frac{0,35}{0}$ | $\frac{27,61}{6,86}$ | $\frac{81,72}{31,09}$ | – | – | $\frac{18,98}{13,84}$ |
| <i>Platichthys stellatus</i> (Pallas, 1787) — звездчатая камбала | $\frac{0,44}{0}$ | $\frac{3,79}{15,69}$ | $\frac{0,30}{0}$ | – | – | $\frac{1,21}{3,20}$ |
| <i>Pleuronectes quadrituberculatus</i> Pallas, 1814 — четырёхбугорчатая камбала | $\frac{0,15}{0}$ | – | – | – | – | $\frac{0,08}{0}$ |
| <i>Pseudopleuronectes herzensteini</i> (Jordan et Snyder, 1901) — желтополосая камбала | $\frac{0,03}{0}$ | $\frac{10,07}{2,94}$ | $\frac{2,10}{0,75}$ | – | – | $\frac{2,76}{0,90}$ |
| <i>Pseudopleuronectes obscurus</i> (Herzenstein, 1890) — тёмная камбала | – | $\frac{0}{23,53}$ | – | – | – | $\frac{0}{4,80}$ |
| <i>Pseudopleuronectes schrenki</i> (Schmidt, 1904) — камбала Шренка | – | $\frac{19,58}{5,88}$ | – | – | – | $\frac{4,73}{1,20}$ |
| Икра, ($M \pm \sigma$) экз.·м ⁻³ | 59,21 ± 126,2 | 23,54 ± 15,81 | 15,65 ± 14,41 | 3,81 ± 4,13 | 1,41 ± 2,02 | 21,11 ± 23,31 |
| Личинки, ($M \pm \sigma$) экз.·м ⁻³ | 1,97 ± 1,49 | 0,80 ± 0,92 | 2,09 ± 3,40 | – | 0,09 ± 0,14 | 0,99 ± 1,00 |
| Весь ихтиопланктон, ($M \pm \sigma$) экз.·м ⁻³ | 61,17 ± 125,89 | 26,60 ± 16,46 | 17,73 ± 15,03 | 3,81 ± 4,13 | 1,50 ± 2,16 | 22,10 ± 24,10 |
| Количество видов | 10 | 12 | 7 | 3 | 2 | 17 |
| Индексы | | | | | | |
| Разнообразия Шеннона — Уивера | 1,393 | 2,837 | 1,092 | 0,944 | 0,146 | – |
| Выравнивания Пиелу | 0,419 | 0,791 | 0,389 | 0,596 | 0,146 | – |
| Доминирования Симпсона | 0,454 | 0,177 | 0,610 | 0,615 | 0,959 | – |
| Видового богатства Маргалефа | 2,188 | 3,353 | 2,087 | 1,494 | 2,466 | – |

Максимальный вклад в суммарную численность ихтиопланктона вносили представители семейства Pleuronectidae, доминировавшие большую часть периода исследований. Снижение их доли зарегистрировано только в мае — во второй декаде, при высоких концентрациях икры *G. chalcogrammus*, и в третьей декаде, при массовом появлении в толще воды донной икры *Cl. pallasii*.

В течение всего времени исследований от 88 до 100 % суммарной численности ихтиопланктона приходилось на икру рыб. В разные периоды в число преобладающих форм (абсолютных доминантов, доминантов и субдоминантов) вошла икра минтая *G. chalcogrammus*, *H. robustus*, *M. punctatissima*, а также желтопёрой *L. aspera* и дальневосточной длинной *Glyptocephalus stelleri* (Schmidt, 1904) камбал. Икра *G. chalcogrammus* преобладала в мае, формируя 61 % суммарной численности икры. В июне, на фоне увеличения интенсивности нереста прибрежных видов семейства Pleuronectidae, в число доминантов вошла икра *M. punctatissima* (39 %).

В июле на икру *M. punctatissima* приходилось уже 82 % от всей учтённой икры рыб. В августе и сентябре абсолютным доминантом была икра *L. aspera* — 75 и 98 % соответственно.

В личиночном составе преобладали в основном виды, имевшие высокую численность икры: *G. chalcogrammus* и *H. robustus* в мае, *Pl. stellatus* в июне, *L. aspera* и *M. punctatissima* в июле и сентябре. В июне в личиночном составе отмечен рост численности сублиторальных видов с донной и придонной икрой — элегантного бычка *Bero elegans* (Steindachner, 1881) (39 % от суммарной численности личинок) и *Ps. obscurus* (24 %). В мае и июне доля личинок в суммарной численности ихтиопланктона держалась на уровне 3 %. Увеличение до 12 %, обусловленное массовым выклевом *L. aspera* и *M. punctatissima*, зафиксировано в июле. Рост концентраций икры этих видов начался ещё в предыдущем периоде. Средняя численность икры *M. punctatissima* возрастала с 0,2 экз.·м⁻³ в мае до 7,1 экз.·м⁻³ в июне и до 12,8 экз.·м⁻³ в июле. В мае икра *L. aspera* отсутствовала, в июне её численность составляла 2,1 экз.·м⁻³, в июле — 1,9 экз.·м⁻³.

По числу видов район реки Дудинка уступал прибрежной акватории, расположенной южнее 48° с. ш., где таксономический список мог включать икру и личинок 20–23 видов рыб, в том числе за счёт воспроизводства в летний период южных мигрантов [Мухаметова, 2014]. В то же время численность икры и личинок *G. chalcogrammus* и многих Pleuronectidae в районе впадения реки Дудинка была значительно выше из-за близости этого участка к основным нерестилищам, находящимся к северо-востоку от полигона [Зверькова, 2003; Ким Сен Ток, 2011]. У реки Дудинка осреднённая за период с мая по октябрь численность икры *G. chalcogrammus* превышала таковую вблизи реки Долинка, расположенной в 50 км к югу, более чем в 100 раз, а численность личинок — более чем в 1000 раз; численность икры *H. robustus* была выше в 7 раз, а её личинок — в 32 раза; численность икры и личинок *L. aspera* была выше в 19 и 161 раз соответственно. Средняя численность икры *Pl. stellatus* превышала её концентрацию в районе реки Долинка в 248 раз, икры *M. punctatissima* — в 8 раз, икры *L. sakhalinensis* — в 11 раз, причём личинки этих видов у реки Долинка встречены не были.

Для видов, представленных в ихтиопланктоне вблизи реки Дудинка, характерно икрометание в условиях морской солёности, за исключением *Cl. pallasii*, нерест которой происходит в широком диапазоне солёности, и *L. pinnifasciata*, икра которой переносит небольшое опреснение [Перцева-Остроумова, 1961]. Половозрелые особи нескольких прибрежных видов камбал (*Pl. stellatus*, *L. obscura* и *M. punctatissima*) могут встречаться на сильно опреснённых участках, однако развитие их икры и личинок происходит только при морской солёности.

У Юго-Восточного Сахалина икрометание и максимальная численность личинок большинства рыб приходятся на гидрологическую весну — время хорошей обеспеченности кормовыми ресурсами (фитопланктоном и личиночными формами беспозвоночных). Медленное увеличение температуры воды в прибрежье Юго-Восточного Сахалина [Шевченко и др., 2021] является причиной продолжительного течения весеннего гидрологического сезона — с начала мая до конца июля [Пищальник, Бобков, 2000]. В то же время прогрев мелководных участков, влияющий на сроки массового нереста рыб, может отличаться от среднемноголетнего на период от 8–10 дней до 3–4 недель [Ложкин и др., 2018]. По этой причине установить чёткие границы биологических сезонов довольно трудно. У юго-восточного побережья Сахалина формирование летнего состава ихтиопланктона может происходить с конца июня до конца июля [Мухаметова, 2020a, b]. В зависимости от географического положения района период икрометания и число сезонно-нерестовых группировок у одних и тех же видов могут существенно меняться. У представителей семейства Pleuronectidae зарегистрировано увеличение числа таких группировок с севера на юг [Дьяков, 2011].

На полигоне в районе реки Дудинка выделено четыре группы видов по сезонности нереста и нахождению икры и личинок в планктоне (табл. 3).

Таблица 3. Экологические группы в ихтиопланктоне на прибрежном полигоне в районе впадения реки Дудинка в 2020 г. (серый цвет — период встречаемости; красным выделены периоды максимальных концентраций икры и личинок; числитель — доля от суммарно учтённой икры данного вида; знаменатель — доля от суммарно учтённых личинок)

Table 3. Ecological groups of ichthyoplankton in the inshore site at the confluence of the Dudinka River in 2020 (grey cells show the period of occurrence; red cells show the periods of maximum concentrations of eggs and larvae; numerator denotes the proportion of total eggs of the species; denominator denotes the proportion of larvae)

| Вид | Фаза развития | Характер присутствия | Биотоп | Широтная зональность | Гидрологические сезоны | | | | | | | | | |
|--|---------------|----------------------|--------|----------------------|------------------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|------------|------------|------------|--|
| | | | | | Весна | | | | | | Лето | | | |
| | | | | | V | | VI | | | VII | | VIII | IX | |
| | | | | | 2-я декада | 3-я декада | 1-я декада | 2-я декада | 3-я декада | 2-я декада | 3-я декада | 3-я декада | 2-я декада | |
| Зимне-весенний нерест | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Gymnocanthus pistilliger</i> | лич. | резидентный | СЛ | АБ | 100 | | | | | | | | | |
| <i>Liopsetta pinnifasciata</i> | лич. | резидентный | СЛ | НБ | 100 | | | | | | | | | |
| <i>Liparis latifrons</i> | лич. | заносной | ЭЛ | ШБ | 100 | | | | | | | | | |
| <i>Pleuronectes quadrituberculatus</i> | икра | заносной | ЭЛ | ШБ | 100 | | | | | | | | | |
| Весенний нерест | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Hippoglossoides robustus</i> | икра, лич. | заносной | ЭЛ | АБ | 99,7 95,6 | 0,3 4,4 | | | | | | | | |
| <i>Gadus chalcogrammus</i> | икра, лич. | заносной | ЭЛ | ШБ | 95,4 97,5 | | 3,8 2,5 | | 0,6 0 | | 0,2 0 | | | |
| <i>Clupea pallasii</i> | икра, лич. | резидентный | Н | АБ | 92,0 100 | | 8,0 0 | | | | | | | |
| <i>Pseudopleuronectes obscurus</i> | лич. | резидентный | СЛ | НБ | | 100 | | | | | | | | |
| <i>Pseudopleuronectes schrenki</i> | икра, лич. | резидентный | ЭЛ | НБ | | | 100 100 | | | | | | | |
| <i>Bero elegans</i> | лич. | резидентный | СЛ | НБ | | | | 100 | | | | | | |
| <i>Myzopsetta proboscidea</i> | икра, лич. | резидентный | СЛ | ВБ | | | | 100 100 | | | | | | |
| <i>Limanda sakhalinensis</i> | икра | резидентный | ЭЛ | ШБ | | | 90,1 | | 9,9 | | | | | |
| <i>Platichthys stellatus</i> | икра, лич. | резидентный | СЛ | АБ | 14,8 0 | | 82,5 87,5 | | 2,7 12,5 | | | | | |
| <i>Pseudopleuronectes herzensteini</i> | икра, лич. | резидентный | СЛ | НБ | | 0,4 0 | 91,8 75,0 | | 7,8 25,0 | | | | | |
| <i>Myzopsetta punctatissima</i> | икра, лич. | резидентный | СЛ | НБ | 0,9 0 | | 44,8 14,4 | | 54,3 85,6 | | | | | |
| Весенне-летний нерест | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Limanda aspera</i> | икра, лич. | резидентный | ЭЛ | ШБ | | | 68,9 1,0 | | 14,8 95,8 | | 11,0 0 | 5,3 3,2 | | |
| Летний нерест | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Glyptocephalus stelleri</i> | икра, лич. | заносной | ЭЛ | ШБ | | | | | 38,6 100 | | 59,1 0 | 2,3 0 | | |

Примечание. Биотоп: ЭЛ — элиторальный; СЛ — сублиторальный; Н — неритический. Широтная зональность: АБ — арктическо-бореальный вид; ВБ — высокобореальный; ШБ — широкобореальный; НБ — низкобореальный.

Note. Biotope: ЭЛ, elittoral; СЛ, sublittoral; Н, neritic. Biogeographical region: АБ, arctic-boreal species; ВБ, high-boreal; ШБ, wide-boreal; НБ, low-boreal.

Группа с зимне-весенним типом нереста была представлена личиночными формами двух резидентных видов, *G. pistilliger* и *L. pinnifasciata*, а также заносными личинками широколобого липариса *Liparis latifrons* Schmidt, 1950 и икрой четырёхбугорчатой камбалы *Pleuronectes quadrituberculatus* Pallas, 1814. Икра и личинки этой группы у юго-восточного побережья Сахалина массово встречаются в апреле, и к началу исследований в районе реки Дудинка их численность уже находилась на минимуме.

Наиболее обширной была группа с преобладанием весеннего нереста, включавшая 11 видов (65 % видового состава). В неё входили как резидентные, так и заносные формы. Для заносных, типично морских *G. chalcogrammus* и *H. robustus* характерен более ранний нерест вдали от слабо прогретых мелководий, поэтому численность их икры и личинок в прибрежье была максимальной в начале гидрологической весны — в мае. Из резидентных видов в группу с ранневесенним нерестом попала *Cl. pallasii*, распространённая в арктическо-бореальных водах и раньше других прибрежных видов подошедшая на нерест к литоральным нерестилищам.

Максимальная численность икры и личинок большинства весенне-нерестящихся видов, относящихся к семейству Pleuronectidae, за исключением одного представителя Cottidae, *B. elegans*, приходилась на июнь. Среди них выделялись виды с коротким (в пределах одной декады) и длительным (до трёх месяцев) периодом нахождения икры и личинок в планктоне. Непродолжительную встречаемость имели три низкобореальных вида, *Ps. obscurus*, *Ps. schrenki* и *B. elegans*, основной ареал которых находится южнее, и один высокобореальный вид, хоботная камбала *Myzopsetta proboscidea* (Gilbert, 1896), характеризующаяся высокой численностью у побережья Северо-Восточного Сахалина [Mukhametov, Mukhametova, 2017] и в северной части Охотского моря. В заливе Терпения эти виды малочисленны [Ким Сен Ток, 2011]. В ихтиопланктоне их численность также невысока. Нерест и развитие пелагических личинок, вероятно, проходят в сжатые сроки. Икра и личинки многих резидентных видов Pleuronectidae с весенним типом нереста характеризовались достаточно продолжительным периодом встречаемости — два-три месяца (табл. 3). В эту группу вошли *L. sakhalinensis*, *Pl. stellatus*, *Ps. herzensteini* и *M. punctatissima*, часто имеющие высокую численность в прибрежных ихтиоценозах и, соответственно, в ихтиопланктоне присахалинских вод.

По характеру нереста в районе реки Дудинка несколько выделялась *L. aspera*. Обычно этот вид сменяет в составе доминантов *M. punctatissima*, так как пик нереста *L. aspera* приходится на более поздний период. В 2020 г. на исследуемом полигоне высокая численность икры и личинок *L. aspera* была зарегистрирована в июне и совпадала с высокой численностью икры и личинок весенне-нерестящихся видов — *Pl. stellatus*, *L. sakhalinensis* и *Ps. herzensteini*. Однако *L. aspera* отличалась от перечисленных видов тем, что её ранние стадии развития продолжали встречаться до середины сентября; это даёт основание выделить *L. aspera* из общей группы прибрежных камбал как вид с продолжительным весенне-летним нерестом. Срок встречаемости икры и личинок *L. aspera* достигал четырёх месяцев. Длительный период нереста *L. aspera* на данном участке связан с наличием двух нерестовых подходов в заливе Терпения. Продолжительность нахождения ранних стадий развития *L. aspera* в поверхностных слоях залива оценена в 130 дней [Тарасюк, 1997].

К видам с летним нерестом отнесена *Gl. stelleri*. При появлении личинок в июле основные концентрации икры на этом участке приходились на август, а единичные икринки продолжали встречаться и в сентябре. Поскольку у северо-восточного побережья Сахалина икра *Gl. stelleri* регистрируется в июне на глубинах 50 м и более, можно предположить, что и в заливе Терпения нерест начинается в этот же период или раньше, но на удалении от берегов. При низкой численности икры на местах нереста вероятность их обнаружения в прибрежной зоне также мала.

Формирование осеннего ихтиопланктонного комплекса, включающего в водах Восточного Сахалина личинок полужелудочных бычков рода *Hemilepidotus* Cuvier, 1829 и терпугов, преимущественно рода *Hexagrammos* Tilesius, 1810, на исследуемом полигоне не зарегистрировано.

Некоторые виды в районе реки Дудинка имели более продолжительный, чем в других районах, период встречаемости ранних стадий развития. Икра и личинки *M. punctatissima*, *Ps. herzensteini* и *Gl. stelleri* встречались на полигоне в течение трёх месяцев. Даже икра и личинки *Pl. stellatus*, относящейся к видам со сжатым нерестовым периодом (массовый нерест около 20 сут, всего около 45 сут) [Юсупов, 2011], в районе исследований характеризовались длительным периодом встречаемости — с мая до конца июля. Продолжительный нерест у *G. chalcogrammus* отмечен для северо-восточного побережья Сахалина, а у *L. aspera* известен для залива Терпения [Тарасюк, 1997; Шунтов и др., 1993].

У заносных видов — *H. robustus*, *G. chalcogrammus*, *Pl. quadrituberculatus* и *Gl. stelleri* — максимальную численность на полигоне давали завершающие стадии развития икры. Во многих районах Сахалина нерест *H. robustus*, продолжающийся в северной части Охотского моря с середины мая до середины июля [Юсупов, 2018], по времени и пространственно совпадает с икрометанием *G. chalcogrammus* [Moukhametov, Chastikov, 2015]. Нерестилища *H. robustus* находятся преимущественно на глубинах более 30 м в северо-восточной, а в последние годы и в северо-западной части залива Терпения [Тарасюк, Пушников, 1982; Moukhametov, Chastikov, 2015]. Учитывая длительный период развития икры *G. chalcogrammus* и *H. robustus* [Зверькова, 2003; Юсупов, 2018], можно сказать, что на прилежащих к полигону участках их икрометание, вероятно, началось не позднее середины апреля. Максимальная численность икры *G. chalcogrammus* и *H. robustus* вблизи реки Дудинка пришлась на начальные этапы сезонного опреснения побережья, которое во второй декаде мая прослеживалось только в поверхностных слоях, тогда как глубже сохранялись достаточно стабильные термогалинные условия [Шевченко и др., 2021]. Вдольбереговое течение южного направления, а также северные, северо-восточные и восточные ветры с суммарной повторяемостью 91 %, дующие даже с не очень высокой скоростью, в среднем $4,5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, могли поддерживать довольно стабильное перемещение ихтиопланктона в южном и юго-западном направлении.

У видов, размножающихся непосредственно на мелководьях, *M. punctatissima* и *Pl. stellatus*, скопления образовывала икра на начальных стадиях. У некоторых видов в течение всего периода наблюдений относительно высокой была численность как начальных, так и завершающих стадий. Так, у *L. aspera* уже в середине июня близкие доли, более 40 %, имели I и III стадии развития. К концу июня доля I стадии (41 %) незначительно превышала долю III стадии (32 %). К середине июля произошло сокращение завершающих стадий. В конце июля наиболее высоким, 29 %, был вклад IV стадии, тогда как относительная численность остальных стадий оставалась на уровне 21–26 %. В июне, при максимальной частоте съёмов, так и не удалось зарегистрировать преобладание I стадии развития, что могло быть результатом постоянного поступления икры *L. aspera* с северных участков, где находится основной район воспроизводства этого вида [Ким Сен Ток, 2002, 2011]. Высокий относительный вклад I стадии развития у *L. aspera* отмечали на полигоне только с конца августа, в период остаточного икрометания. Сходное соотношение стадий развития было зафиксировано и для *Ps. herzensteini* с той разницей, что уже в июле численность икры этого вида снизилась.

Пространственное распределение ихтиопланктона по глубинам определялось сезонными особенностями воспроизводства рыб в водах Восточного Сахалина. По осреднённому за период с мая по сентябрь показателю, наиболее продуктивными были минимальные глубины: значение составляло около $52 \text{ экз}\cdot\text{м}^{-3}$. Над изобатами 5–10 м средние концентрации ихтиопланктона держались на уровне 21–22 $\text{экз}\cdot\text{м}^{-3}$; к 20-метровой глубине они снижались почти

вдвое — до $13 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-3}$. На мелководных участках встречалась в основном икра рыб. Личинки были редки. С мая до конца июня более высокие плотности ихтиопланктона зафиксированы у уреза воды. Максимальная численность икры, более $260 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-3}$, отмечена в середине мая (рис. 2).

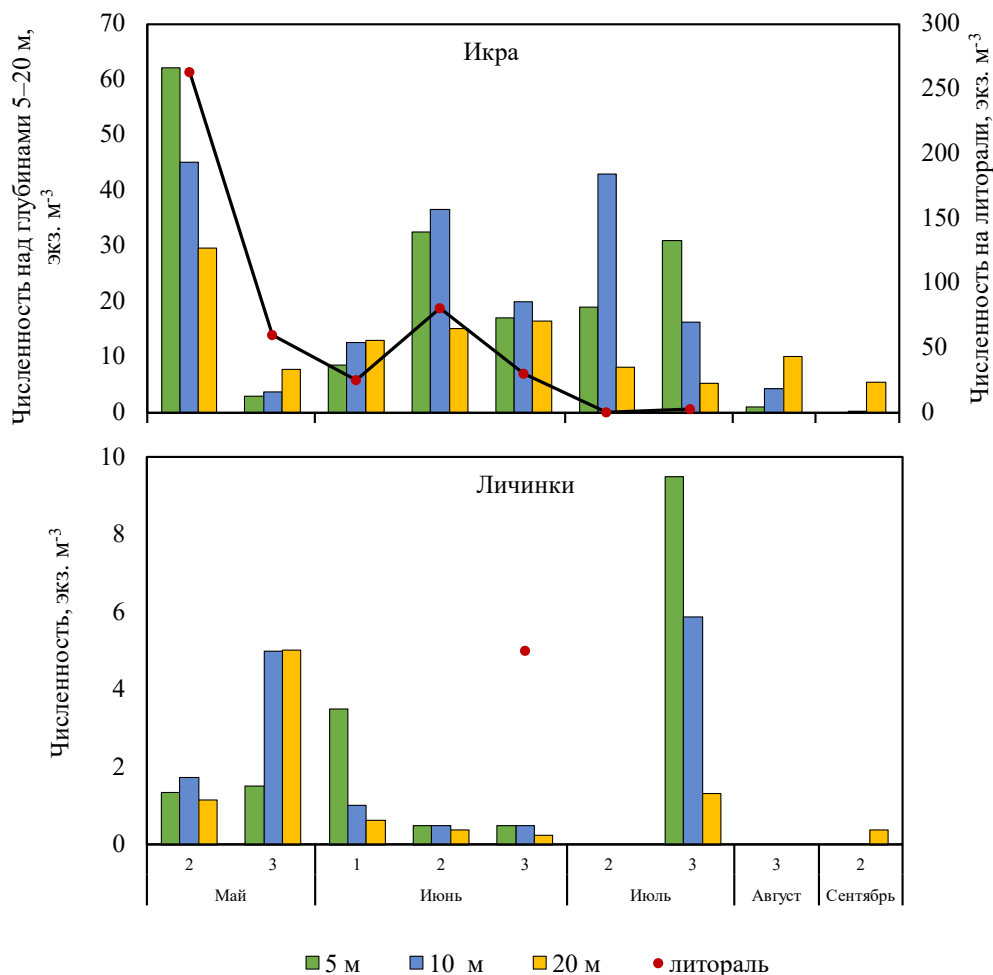


Рис. 2. Динамика численности ихтиопланктона ($\text{экз.}\cdot\text{м}^{-3}$) над глубинами 0,5–20 м на прибрежном полигоне в районе впадения реки Дудинка в период с мая по сентябрь 2020 г. (цифры на оси абсцисс — декады)

Fig. 2. Dynamics of ichthyoplankton abundance ($\text{ind.}\cdot\text{m}^{-3}$) at isobaths of 0.5–20 m in the inshore site at the confluence of the Dudinka River in May–September 2020 (numbers on the abscissa are decades)

Пелагическая икра большинства *Pleuronectidae* и *G. chalcogrammus* попадала на минимальные глубины с нагонными ветрами. Донная икра доминировала в период массового нереста *Cl. pallasii* (в мае) и *Ps. schrenki* (в начале июня). В июле отмечено увеличение концентраций икры в диапазоне глубин 5–10 м, в августе и сентябре — над изобатами более 10 м. В мае близкие плотности личинок зафиксированы во всём диапазоне глубин от 5 до 20 м. В начале июня зарегистрирован рост концентраций на 5-метровой изобате за счёт массового выклева личинок *Ps. obscurus*. Максимальная численность личинок пришлась на конец июля, когда высокие плотности имели личинки нескольких видов прибрежных камбал — *L. aspera*, *M. punctatissima* и *Ps. herzensteini*.

В начале исследований (вторая декада мая) численность икры *G. chalcogrammus* и *H. robustus* достигала максимальных величин. Преобладали икринки на завершающих стадиях развития (III и IV), их суммарная доля превышала 93 % у *G. chalcogrammus* и 86 % у северной палтусовидной камбалы. В начале гидрологической весны, когда прибрежные акватории

ещё слабо прогреты и подвержены воздействию пресноводного стока, нерест рыб с пелагической икрой (*H. robustus*, *G. chalcogrammus*, *Pl. quadrituberculatus* и *Gl. stelleri*) происходит за пределами 50-метровой изобаты. Камбалы прибрежного комплекса (*Pl. stellatus*, *M. punctatissima*, *L. aspera*, *L. sakhalinensis* и *Ps. herzensteini*) также начинают икрометание на глубинах более 15–20 м. На данном этапе прибрежная акватория становится местом высоких концентраций икры и личинок видов, откладывающих донную икру на литоральных нерестилищах. В районе реки Дудинка из данной группы встречалась только *Cl. pallasii*. На других участках эту нишу также могут занимать *M. villosus* и *H. japonicus* [Мухаметова, 2020a]. В мае максимальные концентрации образуются на литорали из-за переноса пелагической икры морских видов преобладающими восточными ветрами и течениями. В июне возрастает роль 5–10-метровых изобат. В июле на глубины 5–10 м смещаются основные концентрации ихтиопланктона. В разгар гидрологического лета, в августе, по мере прогрева толщи воды производители начинают отходить глубже. Репродуктивное значение мелководий снижается. Основные концентрации икринок и личинок от остаточного нереста формируются над изобатами 10–20 м (рис. 2).

Выживаемость ранних стадий развития рыб является одним из важных показателей эффективности нереста, определяющих урожайность пополнений. Образование эмбриональных патологий и высокую гибель икры и личинок в природных условиях могут вызывать резкие перепады температур и солёности, сильные волнения, недостаток кормовых объектов и другие факторы. При неблагоприятных условиях смертность икры может достигать 90–100 % [Давыдова, 1994]. Средняя смертность икры *G. chalcogrammus* на полигоне вблизи реки Дудинка (29,2 %) совпадает со средней смертностью в водах Северо-Восточного Сахалина (29 %); значение для икры *L. aspera* ниже (19,5 % против 30,2 %) [Davydova, Cherkashin, 2007]. В мае в районе реки Дудинка доля нежизнеспособных икринок *G. chalcogrammus* (1,6 %) и *H. robustus* (1,8 %) была также ниже, чем в заливе Анива (8,3 % у *G. chalcogrammus* и 2,1 % у *H. robustus*). В то же время доля постэмбриональных нарушений была достаточно высокой, особенно у *H. robustus* (табл. 4).

Таблица 4. Характеристики личинок массовых видов рыб в периоды высокой численности на прибрежном полигоне в районе впадения реки Дудинка в 2020 г.

Table 4. Larvae characteristics of abundant fish species during periods of high abundance in the inshore site at the confluence of the Dudinka River in 2020

| Вид | Месяц | Декада | Длина, мм, min–max $M \pm \sigma$ | Средний вес 1 особи, мг, $M \pm \sigma$ | Предличинки, % | Предличинки с патологиями, % |
|------------------------------------|-------|--------|---|---|-------------------|------------------------------------|
| <i>Gadus chalcogrammus</i> | Май | 2-я | $\frac{2,20-5,15}{3,78 \pm 0,84}$ | $0,510 \pm 0,418$ | 70,6 | 5,9 |
| | | 3-я | $\frac{3,2-5,9}{4,51 \pm 0,66}$ | $0,460 \pm 0,177$ | 100,0 | – |
| <i>Hippoglossoides robustus</i> | Май | 2-я | $\frac{1,24-4,87}{3,33 \pm 1,20}$ | $0,223 \pm 0,139$ | 72,2 | 38,9 |
| | | 3-я | $\frac{3,5-5,3}{4,60 \pm 0,72}$ | $0,257 \pm 0,106$ | 76,9 | – |
| <i>Limanda aspera</i> | Июль | 3-я | $\frac{0,9-3,5}{2,15 \pm 0,69}$ | $0,050 \pm 0,019$ | 69,0 | 48,3 |
| <i>Myxopsetta punctatissima</i> | | | $\frac{1,1-4,2}{2,16 \pm 0,59}$ | $0,049 \pm 0,034$ | 10,0 | 20,0 |
| <i>Platichthys stellatus</i> | Июнь | 1-я | $\frac{1,8-4,05}{2,85 \pm 0,80}$ | $0,139 \pm 0,086$ | – | 14,3 |
| <i>Pseudopleuronectes obscurus</i> | | | $\frac{2,3-3,1}{2,72 \pm 0,33}$ | $0,063 \pm 0,025$ | 100,0 | – |

Можно предполагать, что одновременное увеличение числа особей с патологиями у *G. chalcogrammus* и *H. robustus*, имеющих сходные районы нереста и направление дрейфа ранних стадий развития, связано с попаданием их икры и личинок в неблагоприятные условия. В мае на полигоне самыми распространёнными видами воздействия, снижающими выживаемость икры и личинок рыб, являлись ударное действие волн и резкие перепады температуры и солёности в районе апвеллингов и даунвеллингов. Учитывая длительный период развития икры при низких температурах и значительные расстояния переноса, негативные факторы могли действовать и за пределами полигона.

Уровень смертности икры прибрежных Pleuronectidae был выше, что может быть связано с высокой интенсивностью нереста непосредственно на полигоне и с преобладанием более чувствительных к любым видам воздействия начальных стадий развития в течение всего периода исследований. Тем не менее условия для развития икры вблизи реки Дудинка можно считать более благоприятными, чем на южных участках. В заливе Анива доля нежизнеспособных икринок *L. aspera* во второй декаде июля превышала смертность в районе реки Дудинка вдвое (46 % против 23 %), *M. punctatissima* во второй декаде июня — более чем в 2,5 раза (44 % против 17 %). Более уязвимыми оказались эмбрионы Pleuronectidae перед выходом из оболочек и личинки на этапе перехода на экзогенное питание. Доля нежизнеспособных личинок (14–48 %) была сопоставима или выше смертности икры (17–30 %). Увеличение гибели на ранних этапах эмбриогенеза на полигоне совпадает с известными критическими периодами [Chambers et al., 2001].

По сравнению со значениями для прибрежных лагунных акваторий юго-восточной части острова Сахалин [Мухаметова, Баланов, 2013], период встречаемости ихтиопланктона вблизи реки Дудинка продолжался на месяц дольше, а наибольшее видовое разнообразие формировалось на месяц позже. Значения индексов разнообразия (2,84), выравненности (0,79) и видового богатства (3,35) были наиболее высокими в июне — при максимальном числе видов (12) и при численности ($26,60 \pm 16,46$) экз. \cdot м⁻³, близкой к средней за период величине (табл. 2). На высокое биотическое разнообразие в этот период указывала и минимальная величина индекса доминирования Симпсона (0,18). Сравнительно невысокие показатели индексов видового богатства в данном районе исследований обусловлены снижением количества видов в ихтиофауне дальневосточных морей на мелководных участках по сравнению с таковым на глубоководных [Ашихмина, 2009]. Минимальное разнообразие и выравненность зафиксированы в сентябре, когда в уловах преобладали икра и личинки *L. aspera* и индекс доминирования достигал 0,96.

Кривая доминирования — разнообразия ихтиопланктона Восточного Сахалина занимает высокое положение на графике (рис. 3).

Форма кривой доминирования — разнообразия ихтиопланктона близка к модели «разломанного стержня», которая характерна для естественных сообществ. Большинство видов были равномерно распределены в ранжированном порядке доминирования. Доля икры и личинок четырёх массовых видов — *G. chalcogrammus*, *M. punctatissima*, *H. robustus* и *L. aspera* — формировала 77 % накопленного обилия. На следующие восемь видов приходилось 22 % накопленной численности, на последние пять видов — всего 0,4 %. Резкое снижение численности начиналось только с *Ps. obscurus*, занимавшей 13-ю позицию в ранжированном списке. Наличие нескольких видов с высокой численностью и многих видов с низкой численностью является характерной чертой сообществ бореальной области [Odum, 1983].

В целом основу сообщества в районе реки Дудинка формировали ранние стадии развития четырёх видов рыб с разным статусом и особенностями динамики численности. В мае основные концентрации, существующие непродолжительное время (в течение второй декады), давали заносимые с мористых участков икра и личинки *G. chalcogrammus* и *H. robustus* — 72 и 28 экз. \cdot м⁻³ соответственно. К третьей декаде мая средняя концентрация икры *G. chalcogrammus* сократилась

в 24 раза, *H. robustus* — в 9,5 раза. В июне и июле доминировали икра и личинки резидентных *M. punctatissima* и *L. aspera*, которые не образуют скоплений с высокой плотностью, но имеют относительно стабильную численность на протяжении нескольких месяцев. Декадные концентрации икры и личинок *M. punctatissima* с начала июня до конца июля в сумме варьировали от 6,3 до 15,8 экз. \cdot м⁻³. У *L. aspera* колебания численности были выражены сильнее. С середины июня до сентября суммарная численность икры и личинок данного вида варьировала от 0,9 до 11,9 экз. \cdot м⁻³. Доминирующие формы являлись обычными для Восточного Сахалина [Davydova, Cherkashin, 2007; Moukhametov, Chastikov, 2013]. Анализ структуры и показателей видового обилия ихтиопланктона на полигоне вблизи реки Дудинка позволяет отнести его к типичным естественным сообществам.

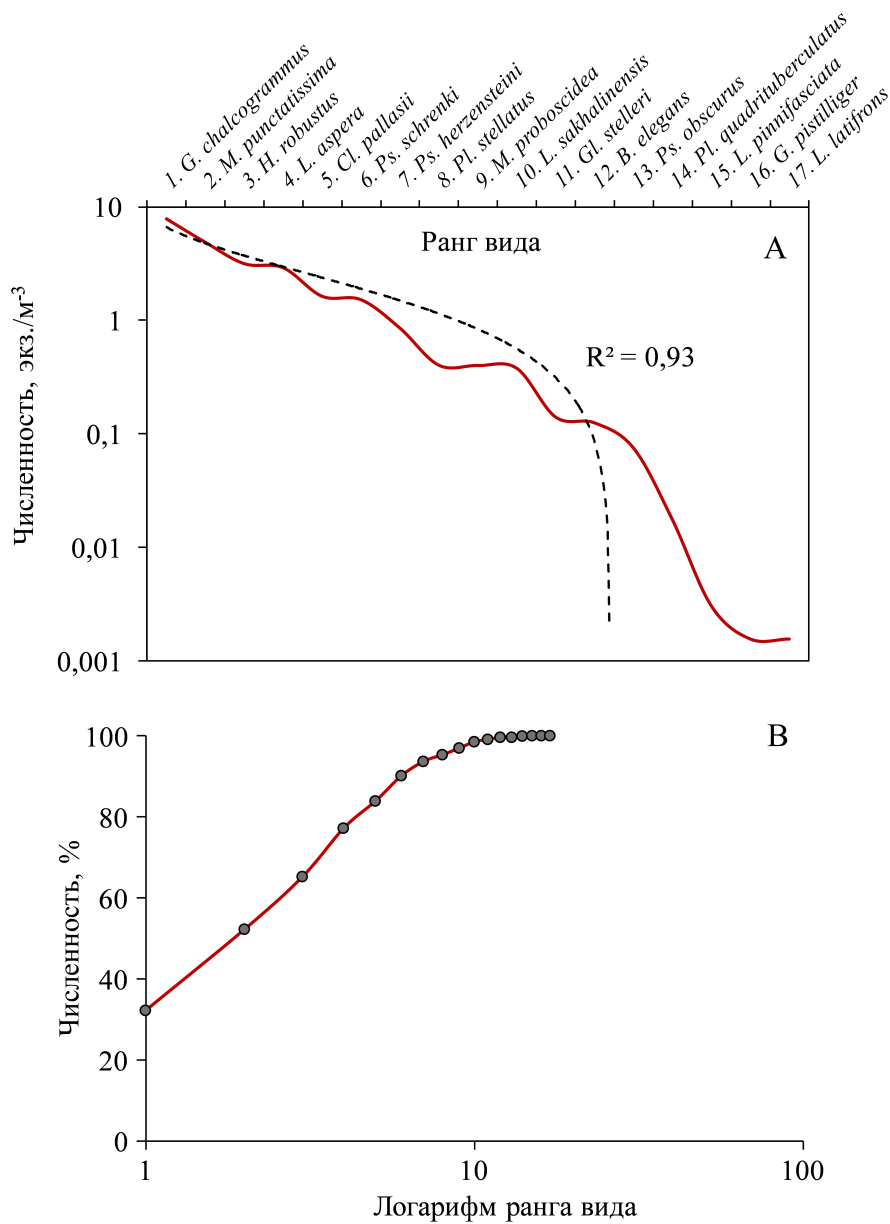


Рис. 3. Кривая доминирования — разнообразия (А) и накопленное обилие видов (В) ихтиопланктона на морском полигоне в районе впадения реки Дудинка в 2020 г.

Fig. 3. Dominance–diversity curve (A) and species accumulation curve (B) in the inshore site at the confluence of the Dudinka River in 2020

Вывод. Развитие ихтиопланктона в районе реки Дудинка происходило в условиях значительных колебаний температуры в результате формирования прибрежных апвеллингов и даунвеллингов при стонно-нагонных явлениях. Максимальные колебания температуры были зарегистрированы в течение всей гидрологической весны, с мая по июль, а солёности — в июне, в период половодья. Дополнительным негативным воздействием в весенний период являлось воздействие волн и зыби в результате прохождения циклонов.

Ихтиопланктон в районе реки Дудинка включал икру и личинок 17 видов рыб из 5 семейств, типичных для вод Восточного Сахалина. Встречаемость их была ограничена периодом с мая по сентябрь. В накопленном обилии 77 % приходилось на икру и личинок четырёх видов — *Gadus chalcogrammus*, *Myzopsetta punctatissima*, *Hippoglossoides robustus* и *Limanda aspera*.

Нерест большинства рыб на полигоне и на прилежащих участках происходил в богатый кормовыми ресурсами весенний гидрологический сезон. Максимальная численность ихтиопланктона, 61 экз.·м⁻³, пришлась на май, а в августе, с завершением нерестового периода рыб-пелагофилов, произошло значительное сокращение — до 3,5 экз.·м⁻³. Осреднённая для всего времени исследований численность снижалась от 52 экз.·м⁻³ на литорали до 21–22 экз.·м⁻³ над глубинами 5–10 м и до 13 экз.·м⁻³ над глубиной 20 м.

Во второй декаде мая по численности доминировала икра заносных морских видов: *G. chalcogrammus* (71 % суммарной величины) и *H. robustus* (28 %); в конце мая — донная икра *Clupea pallasii* (70 %); с июня по сентябрь — икра и личинки Pleuronectidae (91–100 %). Численность икры и личинок *G. chalcogrammus* и Pleuronectidae вблизи реки Дудинка была значительно выше, чем на участках к югу от 48° с. ш. Рост концентраций обусловлен близостью исследованного полигона к местам основного нереста многих видов рыб.

Виды с весенним типом нереста преобладали, формируя 65 % видового состава. В эту группу входили как заносные морские формы (в основном *G. chalcogrammus* и *H. robustus*), дававшие высокую численность в мае, так и резидентные (*Platichthys stellatus*, *M. punctatissima*, *Limanda sakhalinensis* и *Pseudopleuronectes herzensteini*). Для заносных видов с пелагической икрой было характерно преобладание завершающих стадий развития. Резидентные виды отличались высокой численностью икры на начальных стадиях развития, указывающих на текущий в пределах полигона нерест.

Доля мёртвых икринок *G. chalcogrammus* и камбал семейства Pleuronectidae не превышала значений для вод Северо-Восточного Сахалина и была ниже, чем в заливе Анива. В мае отмечено увеличение доли предличинок с аномалиями развития у *G. chalcogrammus* и *H. robustus*, что могло быть вызвано попаданием в неблагоприятные условия.

Индексы разнообразия имели наиболее высокие значения в июне — при максимальном числе видов (12) и численности (26,60 ± 16,46) экз.·м⁻³, близкой к средней за период исследований величине. В этом месяце 78 % суммарной численности приходилось на икру и личинок трёх субдоминантов — *M. punctatissima* (27 %), *L. aspera* (23 %) и *Pseudopleuronectes schrenki* (19 %).

Форма кривой доминирования — разнообразия ихтиопланктона близка к модели «разломанного стержня», характерной для естественных сообществ. Большинство видов равномерно распределены в ранжированном порядке доминирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Ашихмина Е. В. Оценка видового разнообразия ихтиофауны залива Петра Великого (Японское море) // *Труды Института системного анализа РАН*. 2009. Т. 42. С. 273–284. [Ashikhmina E. V. Otsenka vidovogo raznoobraziya ikhtiofauny zaliva Petra Velikogo (Yaponskoe more). *Trudy Instituta sistemnogo analiza RAN*, 2009, vol. 42, pp. 273–284. (in Russ.)]
2. Баканов А. И. Количественная оценка доминирования в экологических сообществах

- // Количественные методы экологии и гидробиологии* : сборник научных трудов, посвященный памяти А. И. Баканова / отв. ред. Г. С. Розенберг. Тольятти : СамНЦ РАН, 2005. С. 37–67. [Bakanov A. I. Kolichestvennaya otsenka dominirovaniya v ekologicheskikh soobshchestvakh. In: *Kolichestvennye metody ekologii i gidrobiologii* : sbornik nauchnykh trudov, posvyashchennyi pamtyati A. I. Bakanova / G. S. Rozenberg (Ed.). Tolyatti : SamNTs RAN, 2005, pp. 37–67. (in Russ.)]
3. Великанов А. Я. Новая волна миграций рыб южных широт к берегам Сахалина // *Вестник Сахалинского музея*. 2006. № 1 (13). С. 265–278. [Velikanov A. Ya. Novaya volna migratsii ryb yuzhnykh shirot k beregam Sakhalina. *Vestnik Sakhalinskogo muzeya*, 2006, no. 1 (13), pp. 265–278. (in Russ.)]
 4. Давыдова С. В. Встречаемость икры дальневосточной сардины и японского анчоуса в заливе Петра Великого (Японское море) // *Известия ТИНРО*. 1994. Т. 115. С. 130–136. [Davydova S. V. Vstrechaemost' ikry dal'nevostochnoi sardiny i yaponskogo anchousa v zalive Petra Velikogo (Yaponskoe more). *Izvestiya TINRO*, 1994, vol. 115, pp. 130–136. (in Russ.)]
 5. Дьяков Ю. П. *Камбалообразные (Pleuronectiformes) дальневосточных морей России*. Петропавловск-Камчатский : Изд-во КамчатНИРО, 2011. 433 с. [Dyakov Yu. P. *Flatfish (Pleuronectiformes) of the Far Eastern Seas of Russia*. Petropavlovsk-Kamchatsky : Izd-vo KamchatNIRO, 2011, 433 p. (in Russ.)]
 6. Зверькова Л. М. *Минтай. Биология, состояние запасов*. Владивосток : ТИНРО-Центр, 2003. 248 с. [Zverkova L. M. *Mintai. Biologiya, sostoyanie zapasov*. Vladivostok : TINRO-Tsentr, 2003, 248 p. (in Russ.)]
 7. Ким Сен Ток. Ресурсы донных рыб заливов Анива и Терпения // *Рыбное хозяйство*. 2002. № 1. С. 39–41. [Kim Sen Tok. Resursy donnykh ryb zalivov Aniva i Terpeniya. *Rybnoe khozyaistvo*, 2002, no. 1, pp. 39–41. (in Russ.)]
 8. Ким Сен Ток. Основные черты пространственного распределения и промысловые ресурсы массовых рыб сублиторальной зоны залива Терпения и юго-восточного побережья о. Сахалин // *Вопросы рыболовства*. 2011. Т. 12, № 4 (48). С. 648–667. [Kim Sen Tok. The main features of spatial distribution and commercial resources of abundant fishes in sublittoral zone of Terpeniye Bay and south-eastern coast of Sakhalin Island. *Voprosy rybolovstva*, 2011, vol. 12, no. 4 (48), pp. 648–667. (in Russ.)]
 9. Ложкин Д. М., Цхай Ж. Р., Шевченко Г. В. Спутниковый мониторинг температурных условий в районах устьев нерестовых рек южной части о. Сахалин // *Исследование Земли из космоса*. 2018. № 5. С. 15–22. [Lozhkin D. M., Tshay Zh. R., Shevchenko G. V. Satellite monitoring of temperature conditions near the mouths of spawning rivers in the southern part of Sakhalin Island. *Issledovanie Zemli iz kosmosa*, 2018, no. 5, pp. 15–22. (in Russ.)]. <https://doi.org/10.31857/S020596140003232-6>
 10. Мухаметова О. Н. Особенности формирования лагунных ихтиопланктонных комплексов на примере озера Птичьего (Юго-Восточный Сахалин) // *Чтения памяти профессора Владимира Яковлевича Леванидова*. 2014. Вып. 6. С. 453–463. [Moukhametova O. N. Ptichiyе Lake as a model of the formation of lagoon ichthyoplankton complexes (Southeast Sakhalin). *Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings*, 2014, vol. 6, pp. 453–463. (in Russ.)]
 11. Мухаметова О. Н. Ихтиопланктон прибрежной зоны юго-восточного Сахалина в 2019 г. // *Вестник Сахалинского музея*. 2020а. № 4 (33). С. 113–130. [Mukhametova O. N. Ichthyoplankton in the southeastern inshore area of Sakhalin Island in 2019. *Vestnik Sakhalinskogo muzeya*, 2020a, no. 4 (33), pp. 113–130. (in Russ.)]
 12. Мухаметова О. Н. Ихтиопланктон прибрежных вод восточной части залива Анива в 2018 г. // *Труды СахНИРО. Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях*. 2020б. Т. 16. С. 39–60. [Moukhametova O. N. Ichthyoplankton of the nearshore area in the east part of Aniva Bay in 2018. *Transactions of the SakhNIRO. Water Life Biology, Resources Status and Condition of Inhabitation in Sakhalin-Kuril Region and Adjoining Water Areas*, 2020b, vol. 16, pp. 39–60. (in Russ.)]
 13. Мухаметова О. Н., Баланов А. А. *Ихтиопланктон лагунных озёр юго-восточной части острова Сахалин*. Южно-Сахалинск : Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, 2013. 188 с. [Mukhametova O. N., Balanov A. A.

- Ikhtioplankton lagunnykh ozer yugo-vostochnoi chasti ostrova Sakhalin*. Yuzhno-Sakhalinsk : Sakhalinskii nauchno-issledovatel'skii institut rybnogo khozyaistva i okeanografii, 2013, 188 p. (in Russ.)]
14. Мухаметова О. Н., Мухаметов И. Н. Ихтиопланктон прибрежной зоны залива Анива // *Труды СахНИРО. Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях*. 2013. Т. 14. С. 180–197. [Moukhametova O. N., Moukhametov I. N. Ichthyoplankton of nearshore area of Aniva Bay. *Transactions of the SakhNIRO. Water Life Biology, Resources Status and Condition of Inhabitation in Sakhalin–Kuril Region and Adjoining Water Areas*, 2013, vol. 14, pp. 180–197. (in Russ.)]
 15. Онищенко Н. И. *Водные ресурсы Сахалина и их изменения под влиянием хозяйственной деятельности*. Владивосток : ДВО АН СССР, 1987. 151 с. [Onishchenko N. I. *Vodnye resursy Sakhalina i ikh izmeneniya pod vliyaniem khozyaistvennoi deyatelnosti*. Vladivostok : DVO AN SSSR, 1987, 151 p. (in Russ.)]
 16. Пак Е. А., Хапов Д. С., Дубина В. А. Мезомасштабные абиотические факторы в прибрежных экосистемах залива Терпения (Охотское море) // *Научные труды Дальрыбвтуза*. 2017. Т. 40, № 1. С. 17–21. [Pak E. A., Napov D. S., Dubina V. A. Submesoscale abiotic factors in coastal marine ecosystems of the Terpeniya Bay (Okhotsk Sea). *Nauchnye trudy Dal'rybvтуza*, 2017, vol. 40, no. 1, pp. 17–21. (in Russ.)]
 17. Перцева-Остроумова Т. А. *Размножение и развитие дальневосточных камбал*. Москва : Изд-во Акад. наук СССР, 1961. 484 с. [Pertseva-Ostroumova T. A. *Razmnozhenie i razvitie dal'nevostochnykh kambal*. Moscow : Izd-vo Akad. nauk SSSR, 1961, 484 p. (in Russ.)]
 18. Пищальник В. М., Бобков А. О. *Океанографический атлас шельфовой зоны острова Сахалин* : научное издание : [в 2 ч.]. Южно-Сахалинск : СахГУ, 2000. Ч. 1. 174 с. [Pishchalnik V. M., Bobkov A. O. *Okeanograficheskii atlas shel'fovoi zony ostrova Sakhalin* : nauchnoe izdanie : [in 2 pts]. Yuzhno-Sakhalinsk : SakhGU, 2000, pt 1, 174 p. (in Russ.)]
 19. *Погода в 240 странах мира* : [сайт]. [Pogoda v 240 stranakh mira : [site]. (in Russ.)]. URL: <http://www.rp5.ru> [accessed: 25.07.2021].
 20. Расс Т. С., Казанова И. И. *Методическое руководство по сбору икринок, личинок и мальков рыб*. Москва : Пищевая промышленность, 1966. 43 с. [Rass T. S., Kazanova I. I. *Metodicheskoe rukovodstvo po sboru ikrinok, lichinok i mal'kov ryb*. Moscow : Pishchevaya promyshlennost', 1966, 43 p. (in Russ.)]
 21. *Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений*. Ленинград : Гидрометеиздат, 1983. 239 с. [Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverkhnostnykh vod i donnykh otlozhenii. Leningrad : Gidrometeoizdat, 1983, 239 p. (in Russ.)]
 22. Тарасюк С. Н. О возможных причинах, обуславливающих урожайность поколений желтопёрой камбалы // *Рыбохозяйственные исследования в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях* : сборник научных трудов / СахНИРО. Южно-Сахалинск : Сахалинское областн. кн. изд-во, 1994. С. 23–32. [Tarasyuk S. N. O vozmozhnykh prichinakh, obuslavlivayushchikh urozhainost' pokolenii zheltoperoi kambaly. In: *Rybokhozyaistvennye issledovaniya v Sakhalino-Kuril'skom raione i sopredel'nykh akvatoriakh* : sbornik nauchnykh trudov / SakhNIRO. Yuzhno-Sakhalinsk : Sakhalinskoe oblastn. kn. izd-vo, 1994, pp. 23–32. (in Russ.)]
 23. Тарасюк С. Н. *Биология и динамика численности основных промысловых видов камбал Сахалина* : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.10. Владивосток, 1997. 22 с. [Tarasyuk S. N. *Biologiya i dinamika chislennosti osnovnykh promyslovykh vidov kambal Sakhalina* : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk : 03.00.10. Vladivostok, 1997, 22 p. (in Russ.)]
 24. Тарасюк С. Н., Пушников В. В. Экология нереста палтусовидной камбалы в заливах Анива и Терпения // *Экология и условия воспроизводства рыб и беспозвоночных дальневосточных морей и северо-западной части Тихого океана*. Владивосток : ТИНРО, 1982. С. 58–62. [Tarasyuk S. N., Pushnikov V. V. Ekologiya neresta paltusovidnoi kambaly v zalivakh Aniva i Terpeniya. In: *Ekologiya i usloviya vosproizvodstva ryb i bespozvonochnykh dal'nevostochnykh morei i severo-zapadnoi chasti Tikhogo okeana*. Vladivostok : TINRO, 1982, pp. 58–62. (in Russ.)]
 25. Шевченко Г. В., Цхай Ж. Р., Частиков В. Н. *Океанологические условия на юго-восточном*

- шельфе о. Сахалин по данным съёмки на стандартных разрезах и спутниковых наблюдений // *Океанологические исследования*. 2020. Т. 48, № 2. С. 51–68. [Shevchenko G. V., Tshay Zh. R., Chastikov V. N. Features of oceanological conditions on the southeastern shelf of Sakhalin Island according to surveys on standard sections and satellite observations. *Okeanologicheskie issledovaniya*, 2020, vol. 48, no. 2, pp. 51–68. (in Russ.)]. [https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2020.48\(2\).4](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2020.48(2).4)
26. Шевченко Г. В., Частиков В. Н., Полупанов П. В. Океанологические исследования при оценке приёмной ёмкости прибрежных акваторий в районах устьев нерестовых рек юго-восточного побережья о. Сахалин // *Труды СахНИРО. Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях*. 2021. Т. 17. С. 132–147. [Shevchenko G. V., Chastikov V. N., Polupanov P. V. Oceanological studies in assessing the receiving capacity of coastal waters in the areas of the mouths of spawning rivers on the southeastern coast of Sakhalin Island. *Transactions of the SakhNIRO. Water Life Biology, Resources Status and Condition of Inhabitation in Sakhalin–Kuril Region and Adjoining Water Areas*, 2021, vol. 17, pp. 132–147. (in Russ.)]
 27. Шунтов В. П., Волков А. Ф., Темных О. С., Дулепова Е. П. *Минтай в экосистемах дальневосточных морей*. Владивосток : ТИНРО, 1993. 426 с. [Shuntov V. P., Volkov A. F., Temnykh O. S., Dulepova E. P. *Mintai v ekosistemakh dal'nevostochnykh morei*. Vladivostok : TINRO, 1993, 426 p. (in Russ.)]
 28. Шунтов В. П., Темных О. С. Среднегодовалая биомасса и доминирующие виды рыб в донных и придонных биотопах Охотского моря. Сообщение 1. Состав и количественное соотношение видов на шельфе разных районов моря // *Известия ТИНРО*. 2018. Т. 193. С. 3–19. [Shuntov V. P., Temnykh O. S. Long-term average biomass and dominant fish species in the bottom biotopes of the Okhotsk Sea. Part 1. Composition and quantitative ratio of species on shelves in different areas of the sea. *Izvestiya TINRO*, 2018, vol. 193, pp. 3–19. (in Russ.)]. <https://doi.org/10.26428/1606-9919-2018-193-3-19>
 29. Юсупов Р. Р. Размножение и развитие звёздчатой камбалы *Platichthys stellatus* (Pleuronectidae) Тауйской губы (северная часть Охотского моря) // *Известия ТИНРО*. 2011. Т. 166. С. 38–53. [Yusupov R. R. Reproduction and embryonic development of starry flounder *Platichthys stellatus* (Pleuronectidae) in the Tauyskaya Bay (northern Okhotsk Sea). *Izvestiya TINRO*, 2011, vol. 166, pp. 38–53. (in Russ.)]
 30. Юсупов Р. Р. Эмбриональное и личиночное развитие северной палтусовидной камбалы *Hippoglossoides robustus* (Pleuronectidae) северной части Охотского моря // *Известия ТИНРО*. 2018. Т. 194. С. 42–53. [Yusupov R. R. Embryonic and larval development of Bering flounder *Hippoglossoides robustus* (Pleuronectidae) in the northern Okhotsk Sea. *Izvestiya TINRO*, 2018, vol. 194, pp. 42–53. (in Russ.)]. <https://doi.org/10.26428/1606-9919-2018-194-42-53>
 31. Chambers R. Ch., Witting D. A., Lewis S. J. Detecting critical periods in larval flatfish populations. *Journal of Sea Research*, 2001, vol. 45, iss. 3–4, pp. 231–242. [https://doi.org/10.1016/S1385-1101\(01\)00058-2](https://doi.org/10.1016/S1385-1101(01)00058-2)
 32. Davydova S. V., Cherkashin S. A. Ichthyoplankton of the eastern shelf of Sakhalin Island and its use as an environmental state indicator. *Journal of Ichthyology*, 2007, vol. 47, iss. 6, pp. 438–448. <https://doi.org/10.1134/s0032945207060033>
 33. Dyldin Yu. V., Fricke R., Hanel L., Vorobiev D. S., Interesova E. A., Romanov V. I., Orlov A. M. Freshwater and brackish water fishes of Sakhalin Island (Russia) in inland and coastal waters: An annotated checklist with taxonomic comments. *Zootaxa*, 2021, vol. 5065, no. 1, pp. 1–92. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.5065.1.1>
 34. Kim Sen Tok, Mukhametov I. N., Zavarzin D. S., Chastikov V. N., Latkovskaya E. M., Tskhai Zh. R., Korneev E. S., Koreneva T. G. Reproductive conditions of walleye pollock *Theragra chalcogramma* (Gadidae) off the northeastern coast of Sakhalin Island, Sea of Okhotsk. *Journal of Ichthyology*, 2017, vol. 57, iss. 6, pp. 893–907. <https://doi.org/10.1134/S003294521706008X>
 35. Margalef R. Information theory in ecology. *General Systems*, 1958, vol. 3, pp. 36–71.
 36. Moukhametov I. N., Chastikov V. N. Marine ichthyoplankton off Northern Sakhalin at after ice-thawing season. In: *Proceedings*

- of the 28th International Symposium on Okhotsk Sea and Sea Ice. Mombetsu, Hokkaido, 2013, pp. 332–335.
37. Moukhametov I. N., Chastikov V. N. Peculiarities of spatial distribution of Alaska pollock' and Bering flounder's eggs off Eastern Sakhalin in 2012 and 2014 years. In: *The 30th International Symposium on Okhotsk Sea and Sea Ice*. Mombetsu, Hokkaido, 2015, pp. 227–230.
38. Mukhametov I. N., Mukhametova O. N. Species composition and distribution of ichthyoplankton in the waters of northeast Sakhalin. *Journal of Ichthyology*, 2017, vol. 57, iss. 6, pp. 846–859. <https://doi.org/10.1134/S0032945217050137>
39. Mukhametova O., Atamanova I., Motylkova I., Konovalova N. Plankton communities of in-shore area of southeastern Sakhalin (Sea of Okhotsk). In: *The 36th International Symposium on the Okhotsk Sea & Polar Oceans*. Mombetsu, Hokkaido, 2022, pp. 156–159.
40. Odum E. P. *Basic Ecology*. Philadelphia : Saunders College Publishing, 1983, 325 p.
41. Pielou E. C. Shannon's formula as a measure of specific diversity: Its use and misuse. *American Naturalist*, 1966, vol. 100, no. 914, pp. 463–465. <https://doi.org/10.1086/282439>
42. Shannon C. E., Weaver W. *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana : University of Illinois Press, 1949, 144 p.
43. Simpson E. H. Measurement of diversity. *Nature*, 1949, vol. 163, pp. 688. <https://doi.org/10.1038/163688a0>
44. Whittaker R. H. *Communities and Ecosystems*. 2nd revise edition. New York : MacMillan Publishing Co., 1975, 385 p.
45. *World Register of Marine Species* : [site]. URL: <http://www.marinespecies.org/> [accessed: 27.10.2021].

THE STRUCTURE OF COASTAL ICHTHYOPLANKTON IN THE AREA OF THE DUDINKA RIVER CONFLUENCE (EASTERN SAKHALIN)

O. N. Mukhametova

Sakhalin Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (SakhNIRO),
Yuzhno-Sakhalinsk, Russian Federation
E-mail: olga.sakhniro@gmail.com

The structure of ichthyoplankton complex and features of early fish ontogeny were analyzed in the coastal area off the Eastern Sakhalin. The study area is characterized by strong variations of temperature and salinity in May–July. Minimum temperature (+0.4 °C) was registered at a depth of 20 m in May, and maximum one (+15.7 °C) was recorded at a depth of 3 m in September. During the entire study period, salinity varied from 3.5 PSU in littoral zone close to the Dudinka River mouth to 31 PSU at a depth of 13–20 m. Eggs and larvae of 17 fish species from 5 families, typical for the Eastern Sakhalin, were identified in ichthyoplankton. Pleuronectidae species prevailed in taxonomic list with ratio of 71%. *Gadus chalcogrammus* eggs and larvae (71% of total value) prevailed in the second decade of May; *Clupea pallasii* bottom eggs (70%), in the third decade of May; and Pleuronectidae eggs and larvae (91–100%), in June–September. Mean ichthyoplankton abundance decreased from 52 ind.·m⁻³ in littoral zone to 21–22 ind.·m⁻³ above depths of 5–10 m and 13 ind.·m⁻³ above 20 m. The proportion of dead *G. chalcogrammus* eggs and Pleuronectidae eggs did not exceed the values obtained for the Northeastern Sakhalin and was lower than in Aniva Bay. In May, the proportion of *G. chalcogrammus* and *Hippoglossoides robustus* prelarvae with pathologies increased. It could be caused by the development of eggs at late stages in adverse conditions. Maximum species diversity was observed in June. Seventy-seven percent of cumulative abundance was composed by eggs of four species, *G. chalcogrammus*, *H. robustus*, *Myzopsetta punctatissima*, and *Limanda aspera*.

Keywords: fish eggs, fish larvae, ichthyoplankton, abundance, species diversity, Eastern Sakhalin