

УДК 574.622

## УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА КОРМОВОЙ БАЗЫ МОЛОДИ ЛОСОСЕВЫХ В ПРИБРЕЖЬЕ ЗАЛИВА АНИВА

И. А. Атаманова (i.atamanova@mail.ru)

Сахалинский научно-исследовательский институт  
рыбного хозяйства и океанографии (Южно-Сахалинск)

**Атаманова, И. А.** Условия обитания и характеристика кормовой базы молоди лососевых в прибрежье залива Анива [Текст] / И. А. Атаманова // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях : Труды «СахНИРО». – Южно-Сахалинск : «СахНИРО», 2019. – Т. 15. – С. 70–86.

Рассмотрены результаты гидробиологических съемок, проведенных в мае–июле 2016 г. в прибрежье зал. Анива в период ската молоди лососевых. Для всего периода ската были получены данные по температурному и солевому режиму прибрежных вод до изобаты 30 м, видовому составу, структуре и динамике численности и биомассы зоопланктона, а также выделена кормовая часть зоопланктона и рассчитана сезонная продукция зоопланктона в прибрежных водах. Комфортные температурные условия для обитания молоди в прибрежье наблюдались в период с первой по третью декаду июня, а период критических значений, способствующий пространственному перераспределению молоди, – с первой по вторую декаду июля. Установлено, что уже к первой декаде июня активизируются биологические процессы в планктонном сообществе, что ведет к повышению биомассы, численности и видового разнообразия планктона. Со второй по третью декаду июня отмечен пик биомассы зоопланктона, связанный с размножением эвфаузиевых раков. К первой декаде июля биомасса зоопланктона несколько снижается, зоопланктон приобретает черты летнего стабильного сообщества с преобладанием копеподного планктона.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** залив Анива, устье р. Таранай, гидрологический режим, зоопланктон, видовой состав, биомасса, пространственное распределение, продуктивность.

**Табл. – 3, ил. – 6, библиогр. – 20.**

**Atamanova, I. A.** Habitat conditions and forage resources for juvenile salmon in the coastal area of Aniva Bay [Text] / I. A. Atamanova // Water life biology, resources status and condition of inhabitation in Sakhalin-Kuril region and adjoining water areas : Transactions of the “SakhNIRO”. – Yuzhno-Sakhalinsk : “SakhNIRO”, 2019. – Vol. 15. – P. 70–86.

This paper presents the results of hydrobiological surveys conducted in May–July 2016 in the coastal area of Aniva Bay near the mouth of the Taranai River during the period of fry salmon downstream migration. The data on temperature and salinity were obtained up to the 30-m isobath. Species composition, structure and dynamics of abundance and biomass of zooplankton were determined. The food part of zooplankton was distinguished and its total seasonal production for Aniva Bay was calculated. The comfortable temperature habitat conditions for juveniles in the coastal area have been observed between the first and third decades of June, and in the critical conditions, caused their spatial redistribution, between the first and second decades of July. Biological processes in planktonic community begin to activate by the first decade of June that leads to the increase in biomass, abundance and species diversity. From the second to the third

decade of June, a peak of zooplankton biomass has been observed caused by the euphausiids reproduction. Zooplankton biomass decreases a little by the first decade of July and zooplankton takes features of the summer stable community with the dominance of copepod plankton.

**KEYWORDS:** Aniva Bay, mouth of the Taranai River, hydrological regime, zooplankton, species composition, biomass, spatial distribution, productivity.

**Tabl. – 3, fig. – 6, ref. – 20.**

## ВВЕДЕНИЕ

Основные закономерности пространственного распределения и поведения рыб связаны с условиями среды обитания. Для молоди лососевых одним из критических моментов, влияющих в дальнейшем на численность промыслового стада, является переход на экзогенное питание в морском прибрежье.

Одним из важных районов Сахалинской области, связанных с воспроизводством лососевых видов рыб, является залив Анива, расположенный в бассейне Охотского моря у южного берега острова Сахалин, между полуостровами Крильонский и Тонино-Анивский. С юга залив широко открыт в пролив Лаперуза. Ширина залива составляет 104 км, длина – 93 км, общая площадь – около 5 900 км<sup>2</sup>, протяженность береговой линии – 230 км. Максимальные глубины в центральной глубоководной части залива не превышают 100–110 м, площадь залива с глубинами до 50 м составляет не более 20% от общей.

Ранний морской период жизни молодь лососевых проводит в приустьевых участках рек, постепенно распространяясь вдоль побережья залива, а затем отходит в мористую глубоководную часть и далее – в открытые воды Охотского моря. Основным фактором, стимулирующим миграцию кеты из прибрежья, большинство исследователей считают температуру воды (**Шершнева, 1975; Чупахин, Каев, 1980**). Прогрев прибрежных мелководий выше 14 °С вызывает интенсивную миграцию молоди в более мористые и холодные воды. В связи с географическими особенностями и межгодовыми флуктуациями погодных условий сроки этих миграций неодинаковы. Нижней границей температуры обитания молоди считается температура 3 °С.

По результатам учетных съемок молоди тихоокеанских лососей, проводившихся СахНИРО в 2004–2008 гг., известно, что в эпипелагиали зал. Анива после вхождения в морскую среду молодь горбуши и кеты длительно, до 1,5–2,5 месяцев, может задерживаться в прибереговой полосе (**Условия обитания..., 2009**). Ее массовую откочевку от берегов связывают с достижением верхней границы температурного оптимума для нагула молоди лососей – 14 °С. При более низких температурах пространственных перемещений молоди, как правило, не наблюдается (**Каев, Чупахин, 2002**).

После ската в прибрежное мелководье молодь лососевых начинает активно питаться, рацион в этот период достигает 4,2–6,8% от массы тела (**Горбатенко, 1996; Дулепова, 1998; Лаженцев, Бохан, 2001; Чучукало, 2006**). Несмотря на то, что молодь довольно пластична в выборе пищи при меняющихся условиях и доступности кормовых объектов и легко переходит с одного корма на другой, в прибрежье в ее рационе преобладает зоопланктон (**Чучукало, 2006**). Следовательно, от состояния и количества зоопланктона зависит накормленность молоди и, в конечном итоге, ее выживаемость.

Современные данные о функционировании прибрежного зоопланктона залива Анива в период ската молоди лососевых ограничены небольшим количеством работ (Пискунов, 2005; Обоснование сроков..., 2012, 2013; Экспедиционный отчет..., 2014; Современное состояние..., 2015). Это в определенной степени связано с трудностями сбора зоопланктона на мелководье, где работа осложняется быстро меняющимися погодными условиями, значительным прибойным волнением, отсутствием возможности работать с автоматическими лебедками для спуска-подъема планктонных сетей.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Для анализа условий обитания и состояния кормовой базы молоди лососевых в ранний морской период жизни в 2016 г. осуществлены сбор гидрологических данных и отбор проб зоопланктона в устье реки Таранай и прилегающем морском побережье зал. Анива (на входе в бухту Лососей).

Сбор данных проводили в весенне-летний сезон с периодичностью один раз в 10 дней – с третьей декады мая по вторую декаду июля.

Пробы зоопланктона отбирали на 18 равномерно расположенных станциях на участке общей площадью около 123 км<sup>2</sup>, над изобатами 5, 10, 20 и 30 м (рис. 1). Облов зоопланктона проводили тотальным вертикальным ловом с помощью планктонной сети БСД (площадь входного отверстия 0,1 м<sup>2</sup>, ячейя фильтрующего конуса 0,168 мм). В расчетах использовали коэффициент уловистости сети: для мелкой фракции – 1, для средней фракции – 2 (Волков, 1996).



**Рис. 1.** Карта-схема района работ и расположение гидробиологических станций в прибрежных водах зал. Анива в 2016 г.

**Fig. 1.** A map of the study area and location of hydrobiological stations in the coastal waters of Aniva Bay in 2016

За весь период исследований проведено шесть съемок и обработано 108 проб зоопланктона.

Одновременно с отбором проб зоопланктона на каждой станции автоматическим зондом YSI-556 MPS проведены измерения гидрологических показателей воды (температура, соленость) в приповерхностном и придонном горизонтах. Во второй декаде июля измерения солености произвести не удалось из-за поломки датчика.

Камеральная обработка проб проведена счетным методом с применением стандартных таблиц весов массовых видов дальневосточных морей (**Борисов и др., 2004**).

Для оценки сезонной продукции были рассчитаны: 1. показатель трат на обмен ( $R$ ) ( $R=aW^b$ , где  $R$  – скорость потребления кислорода ( $\text{мгO}_2/\text{ч}\times\text{г}$ ),  $W$  – средняя биомасса особи ( $\text{г}$ ),  $b$  – показатель степени;  $a$  – коэффициент интенсивности дыхания ( $\text{мгO}_2/\text{ч}\times\text{г}$ ), который умножали на 24. Для перевода единиц кислорода и массы в единицы энергии использовали переходные коэффициенты 3,48 ккал/ $\text{гO}_2$ , 3,15 мг  $\text{O}_2/\text{мг C}$ , 44,77 Дж/мг C (**Алимов, 1989**); 2. ассимилированная энергия ( $A=(P+R)$ , где  $P$  – продукция); 3. физиологический рацион ( $C$ ) (по балансовому равенству Винберга (**Винберг, 1956**)  $C=(P+R)/u$ , где  $u$  – коэффициент усвояемости пищи, равный 0,6.

Данные по энергетическим характеристикам массовых видов зоопланктона дальневосточных морей были взяты из работы **Б. М. Борисова и др. (2004)**. Общая калорийность зоопланктона рассчитывалась с учетом численности и биомассы вида.

Продукцию ( $P$ ) рассчитывали физиологическим методом:  $P=R(K_2/(1-K_2))$ , где  $K_2$  – коэффициент утилизации пищи на рост, для зоопланктона принимали равным 0,5 (**Алимов, 1989**).

Общую продукцию зоопланктона рассчитывали по уравнению:  $P_o=P_m+P_x-C_x$ , где  $P_o$  – общая продукция биоценоза,  $P_m$  – суммарная продукция мирного зоопланктона,  $P_x$  – суммарная продукция хищного зоопланктона,  $C_x$  – суммарный рацион хищного зоопланктона.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### Гидрологические условия

Характер морской фауны и флоры определяется географическим расположением и океанологическими условиями залива Анива, который находится в зоне взаимодействия вод Охотского и Японского морей. Помимо этого на гидрофизическую структуру вод влияют атмосферные условия и приливные течения. Как отмечается в литературе, воды зал. Анива близки к водам субарктической структуры и имеют соответствующий характер стратификации, который в первую очередь проявляется в наличии ХПС – холодного промежуточного слоя с отрицательными температурами до  $-1,6$  °C (**Будаева и др., 2005**).

В зимний период благодаря активным ветровым воздействиям воды залива характеризуются слабой динамикой и пониженной вертикальной и пространственной неоднородностью.

Как показывают многочисленные исследования, переход к положительным значениям температуры в заливе начинается во второй половине апреля с бухты Лососей и прибрежных участков северного мелководья (**Будаева и др.,**

**2005**). В этот период наблюдается вынос наиболее легких распресненных вод из вершины залива за счет усиленного стока рек, таяния снега и обильных осадков.

К началу работ в 2016 г. в третьей декаде мая гидрологическая обстановка в морском побережье зал. Анива (в районе устья р. Таранай) характеризовалась активным прогревом поверхностного слоя воды, связанного с интенсивной инсоляцией и активным ветровым перемешиванием (**табл. 1, рис. 2**).

В период съемки на всех разрезах (вплоть до разреза над 30-метровой изобатой) температурный фон приповерхностного слоя не опускался ниже критического уровня обитания молоди лососевых и изменялся от 5,8 до 7,6 °С. Тем не менее, на отдельных станциях прослеживались локальные пятна «холодной» воды с температурой ниже 2 °С.

Средняя декадная (21–31 мая 2016 г.) температура поверхностного слоя, по спутниковым данным, составила 8,5 °С с положительной аномалией от среднемноголетней.

Наиболее низкие значения температуры отмечены в придонном горизонте с минимальными значениями на мористом разрезе (30-метровая изобата) – не более +1,23 °С.

Верхний слой 0–5 м имел однородную структуру, не выходящую за нижнюю границу критических значений обитания молоди лососевых (+3—+4 °С) (**рис. 3**).

Лишь на глубине более 13–15 м (разрезы в пределах 20- и 30-метровой изобаты) проявляется слой скачка температуры, где она снижалась до критического значения и ниже (*см. рис. 2*). Низкая температура являлась следствием подтока холодных вод из центральной части залива в побережье. В третьей декаде мая отрицательных температур на участке исследований не зафиксировано.

На мелководье и в верхнем слое 0–1 м по всему полигону в третьей декаде мая сложились оптимальные условия для обитания молоди. В этот же период халинные условия побережья, прилегающего к устью р. Таранай, определял береговой сток, что привело к пониженной солености по поверхности вплоть до мористого разреза над изобатой 30 м, и в среднем для всего поверхностного слоя она не превысила 27,63‰ (*см. табл. 1*).

В нижнем горизонте варьирование солености наблюдалось в диапазоне 29,54–31,36‰ с увеличением солености в восточном и северо-восточном направлениях (*см. табл. 1*).

В первой декаде июня гидрологическая обстановка в морском побережье зал. Анива изменилась в сторону роста основных показателей – температура в поверхностном горизонте изменялась по станциям от 9,05 до 10,34 °С (*см. табл. 1*). С удалением от берега температура изменялась незначительно. Средняя декадная температура поверхностного слоя, по спутниковым данным, составила для 1–10 июня 2016 г. +8,4 °С с отрицательной аномалией –0,3 °С.

В придонном горизонте картина была иной. Если до 10-метровой изобаты температурный фон был сравним с поверхностным (6,1–7 °С), то с увеличением глубины на 20- и 30-метровых изобатах температура снизилась до 1,18–1,97 °С (*см. табл. 1*). Для придонного горизонта в среднем для съемки температура составила 4,25 °С (*см. табл. 1*).

Таблица 1

Гидрологические показатели по декадам в приповерхностном и придонном горизонтах в прибрежных водах зал. Анива в период проведения исследований в 2016 г. по изобатам

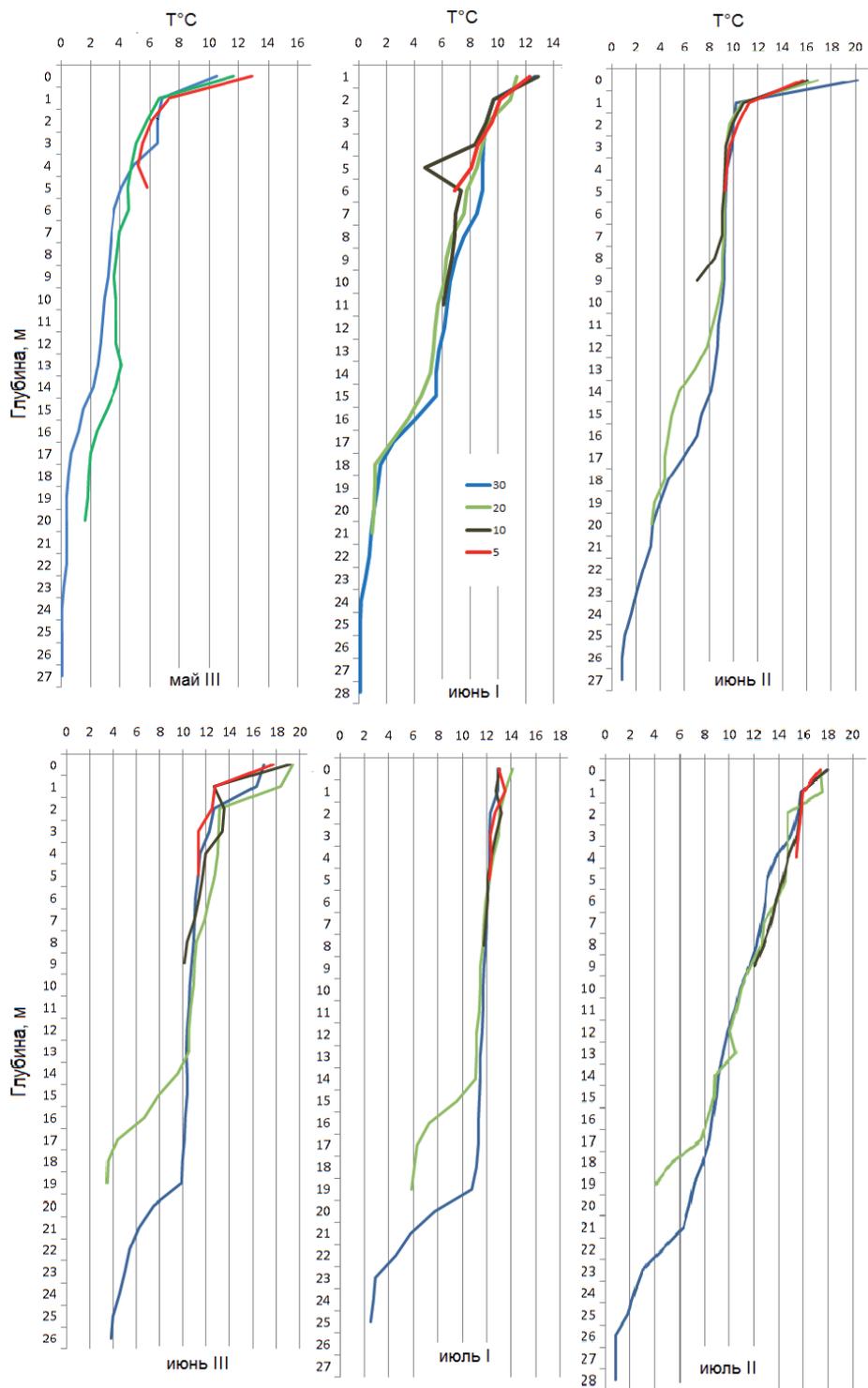
Table 1

Decade hydrological characteristics of the Aniva Bay coastal waters in the subsurface and near-bottom horizons in 2016 (by isobaths)

Месяц/Декада	Май				Июнь I				Июнь II			
Изобата (разрез), м	5	10	20	30	5	10	20	30	5	10	20	30
Поверхностный горизонт												
Температура, °C	6,85	7,61	5,84	6,89	10,02	10,04	9,60	9,64	12,72	12,34	11,41	10,97
Соленость, ‰	27,4	27,1	27,7	28,6	30,3	31,5	30,4	29,7	28,8	28,4	30,3	30,3
Температура, °C min-max Ср. (ср. декадная*)	<u>1,21–9,97</u> 6,79 (8,5)				<u>9,05–10,34</u> 9,85 (8,4)				<u>10,2–13,5</u> 11,96 (11,1)			
Соленость, ‰ min-max Ср.	<u>25,11–28,76</u> 27,63				<u>28,25–30,63</u> 30,22				<u>26,85–30,49</u> 29,36			
Придонный горизонт												
Температура, °C	4,84	3,69	1,91	0,9	7,59	6,07	1,37	1,97	8,37	7,12	4,76	4,99
Соленость, ‰	29,9	30,4	31,1	31,3	29,7	30,2	31,1	31,2	30,5	30,9	31,2	31,2
Температура, °C min-max Ср.	<u>0,70–5,38</u> 2,84				<u>1,18–9,15</u> 4,25				<u>4,37–9,42</u> 6,46			
Соленость, ‰ min-max Ср.	<u>29,54–31,36</u> 30,62				<u>28,5–31,35</u> 30,47				<u>30,5–31,22</u> 30,92			
Июль III												
Месяц/Декада	Июнь III				Июль I				Июль II			
Изобата, м	5	10	20	30	5	10	20	30	5	10	20	30
Поверхностный горизонт												
Температура, °C	15,15	13,01	13,07	12,72	13,43	13,66	13,44	12,81	16,70	16,90	17,45	16,90
Соленость, ‰	н. д.	30,7	30,5	29,8	30,3	30,5	30,1	30,7	н. д.			
Температура, °C min-max Ср. (ср. декадная*)	<u>12,53–19,4</u> 12,91 (13,6)				<u>12,42–14,1</u> 13,4 (13,7)				<u>15,8–18,0</u> 17,80 (15,6)			
Соленость, ‰ min-max Ср.	<u>28,9–30,9</u> 30,38				<u>29,1–30,71</u> 30,32				н. д. н. д.			
Придонный горизонт												
Температура, °C	11,35	10,2	7,26	4,81	12,17	11,45	6,24	11,33	15,40	12,10	4,10	0,80
Соленость, ‰	н. д.	31,1	31,1	н. д.	29,5	30,6	31,3	31,0	н. д.			
Температура, °C min-max Ср.	<u>3,5–12,8</u> 8,39				<u>2,5–12,22</u> 10,19				<u>0,8–15,4</u> 9,06			
Соленость, ‰ min-max Ср.	<u>31,06–31,15</u> 31,11				<u>25,41–31,28</u> 30,54				н. д. н. д.			

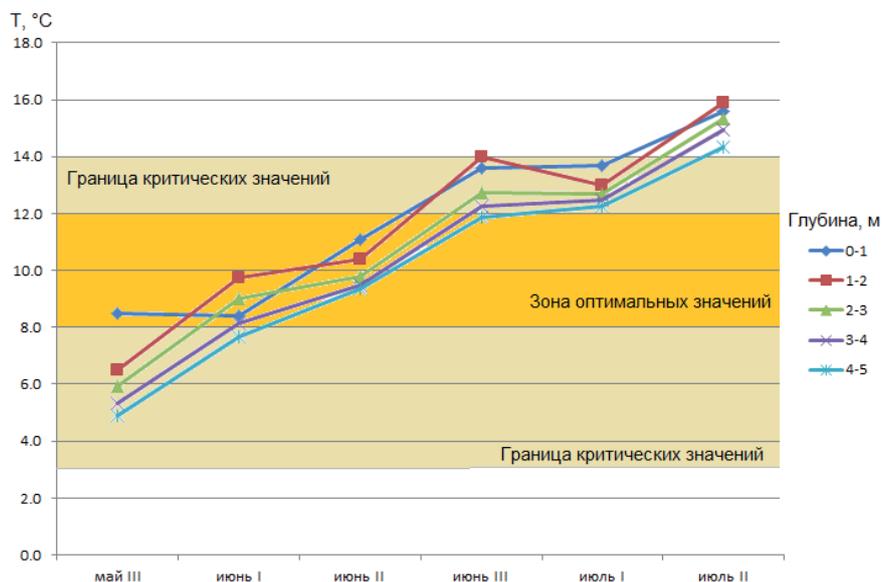
\* Средняя декадная температура поверхностного слоя по спутниковым данным СахНИРО, расчет произведен Ж. Р. Цхай ([http://www.sakhniro.ru/page/satellite\\_info/](http://www.sakhniro.ru/page/satellite_info/)).

\* Mean decade temperature of the surface layer from the SakhNIRO satellite data, calculated by Zh. R. Tshay ([http://www.sakhniro.ru/page/satellite\\_info/](http://www.sakhniro.ru/page/satellite_info/)).



**Рис. 2.** Структура вертикального профиля температуры в 30-метровом слое по изобатам в прибрежных водах зал. Анива в мае–июле 2016 г.

**Fig. 2.** Structure of the vertical temperature profile in the 30-m layer at isobaths in the coastal waters of Aniva Bay in May–July 2016



**Рис. 3.** Динамика среднесуточной температуры воды до глубины 5 м по слоям в прибрежных водах зал. Анива в мае–июле 2016 г. (по декадам)

**Fig. 3.** Dynamics of the average daily water temperature to 5-m depth by layers in the coastal waters of Aniva Bay in May–July 2016 (by decades)

Вертикальный профиль в этот период показывает заметный скачок температуры на глубине 15–16 м (см. **рис. 2**).

В данный отрезок времени наблюдаются оптимальные условия нагула молоди в прибрежье – от мелководья 0–1 м до 5-метровой изобаты (см. **рис. 2, 3**).

В первую декаду июня соленость в поверхностном горизонте в среднем составила 30,22‰ (см. **табл. 1**). В нижнем горизонте соленость была выше и в среднем составила 30,32‰ (см. **табл. 1**). Соленость возрастала в мористом юго-восточном направлении.

Во второй декаде июня температура в поверхностном горизонте выросла до 11,96 °С. По станциям она изменялась от 10,2 до 13,5 °С с максимальными показателями на мелководье (см. **табл. 1, рис. 2**). «Холодные» воды поступали в район из северо-восточной части залива, что, скорее всего, было связано со значительным ветровым влиянием. Среднедекадная температура поверхностного слоя на 11–20 июня 2016 г. составила 11,1 °С с положительной аномалией +2,2 °С.

В нижнем горизонте температура варьировалась в более широком диапазоне – от 4,37 до 9,42 °С. С удалением от берега температура постепенно снижалась и в среднем для съемки составила 6,46 °С (см. **табл. 1**). Причем, наиболее резкое снижение температуры наблюдалось на глубинах от 15 до 18 м (см. **рис. 2**).

Таким образом, во второй декаде июня в слое 0–5 м сохраняются условия для нагула молоди лососевых, но в приповерхностном 0–1-метровом слое температура уже достигает верхней границы критических значений (14 °С) (см. **рис. 3**).

Соленость в поверхностном горизонте для второй декады июня составила в среднем 29,36‰, в нижнем горизонте – 30,92‰ (см. **табл. 1**). Соленость возрастала в мористом юго-восточном направлении. Наибольшая соленость отмечена на мористых разрезах на 20- и 30-метровых изобатах.

В третьей декаде июня температура в поверхностном горизонте в период съемки изменялась по станциям от 12,53 до 19,4 °С со средним значением 12,91 °С. В это время зафиксирована максимальная температура за весь период работ (локально 19,2–19,4 °С). Это связано с устойчивым антициклоном, на протяжении которого стояла теплая ясная погода. Среднедекадная температура поверхностного слоя, по спутниковым данным, на 21–30 июня 2016 г. составила 13,6 °С с положительной аномалией +1,3 °С.

На мелководье над изобатой 5 м средняя температура составила более 15 °С (см. **табл. 1**). Относительный прогрев вертикального столба воды наблюдался в диапазоне 18–23 м (см. **рис. 2**). В придонном горизонте средняя температура составила 8,39 °С. Относительно холодные условия наблюдались лишь на наиболее удаленном разрезе глубже 23 м (см. **табл. 1**).

В целом, в этот период наблюдается достаточно сильный прогрев поверхностного слоя воды и в верхнем метровом слое складываются критические условия для нагула молоди. Тем не менее, глубже, в слое от 1 до 5 м, сохраняются довольно подходящие условия.

Пространственное перераспределение температуры происходило вдоль берега, и, как и в прошлую съемку, более холодные воды наблюдались в северной части участка исследований (см. **рис. 3**).

Соленость в третьей декаде июня в поверхностном горизонте составила в среднем 30,38‰, в нижнем – 31,11‰ (см. **табл. 1**). Соленость возрастала в мористом юго-восточном направлении.

В первой декаде июля гидрологическая обстановка на участке исследований характеризовалась следующими средними показателями: температура изменялась в верхнем горизонте от 12,42 до 14,10 °С со средним значением 13,40 °С. Наиболее холодная вода в верхнем горизонте наблюдалась на удаленном разрезе над изобатой 30 м. Среднедекадная поверхностная температура с 1 по 10 июля, по данным спутника, составила 13,7 °С с положительной температурной аномалией +0,6 °С.

В придонном горизонте варьирование показателей было весьма значительным – перепад температур по изобатам составил более 10 °С – от 2,5 до 12,22 °С со средним значением 10,19 °С.

Соленость в поверхностном горизонте в среднем была равна 30,32‰, изменяясь от 29,1 до 30,71‰, в нижнем горизонте варьирование солености наблюдалось в большем диапазоне со средним значением 30,54‰ (см. **табл. 1**).

Таким образом, в первой декаде июля в прибрежье в верхнем 5-метровом слое температурные условия приблизились к верхней критической границе обитания молоди лососевых, что может явиться толчком к ее отходу за пределы мелководья в открытые участки залива (см. **рис. 3**).

Ко второй декаде июля гидрологическая обстановка в морском прибрежье зал. Анива изменилась – отмечен резкий подъем температуры на мелководье до изобаты 5 м.

В поверхностном горизонте температура изменялась в диапазоне от 15,8 до 18,0 °С и в среднем составила 17,80 °С (см. **табл. 1, рис. 2**). С удалением от

берега и до морского разреза над изобатой 30 м не отмечено падения температуры. Среднедекадная поверхностная температура с 11 по 20 июля, по данным спутника, составила 15,6 °С с положительной аномалией +2,5 °С.

В нижнем горизонте варьирование температуры наблюдалось в диапазоне 0,8–15,4 °С, со средним значением 9,06 °С.

Таким образом, во второй декаде июля в прибрежье «комфортные» температуры обитания молоди в тотальном слое от 0 до 5 м не наблюдаются. Сложившаяся ситуация способствует активной миграции молоди из прибрежного мелководья.

### **Зоопланктон**

Период работ – с третьей декады мая по вторую декаду июля, в соответствии с гидрологией района относится к весеннему и ранне-летнему биологическим сезонам (**Пищальник, Бобков, 2000**).

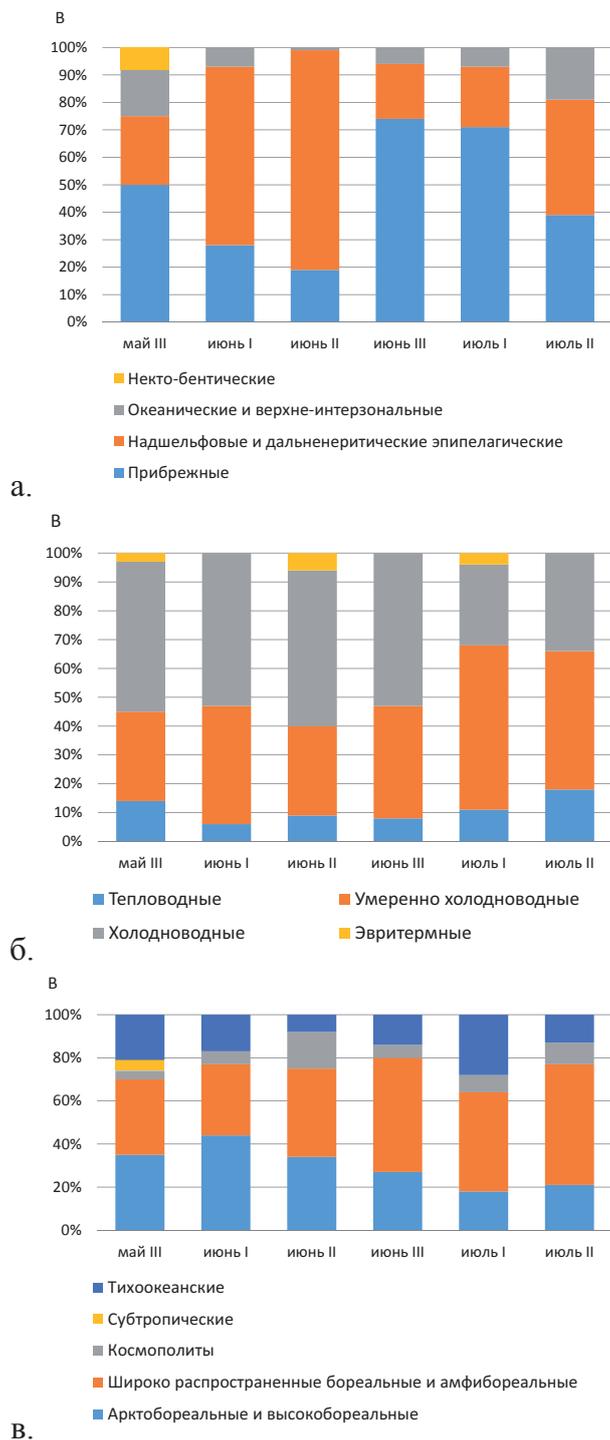
В этот период в прибрежных водах зал. Анива сообщество зоопланктона было представлено 117 видами из 24 крупных фаунистических групп с разнообразными экологическими характеристиками.

Участок исследований находится полностью в пределах верхнего горизонта сублиторали, в связи с чем основу сообщества формирует прибрежный, или неритический ландшафтный комплекс видов, представленный мелкоразмерным рачковым голопланктоном и факультативным планктоном (**рис. 4а**). Наиболее характерными представителями данного комплекса являются копеподы родов *Acartia*, *Eurytemora*, *Centropages*, личинки полихет семейств Spionidae, Pectinariidae, личинки брюхоногих и двустворчатых моллюсков, усоногих и десятиногих раков.

Как показывает анализ видового состава, с мая до конца июня в прибрежном сообществе преобладают холодноводные виды, доля которых превышает 50% от общей биомассы зоопланктона (**рис. 4 б, в**). Ареалами холодноводных видов являются субарктические, бореально-арктические и высокобореальные области. К началу июля доля холодноводных видов снижается, а биомасса умеренно-холодноводных и тепловодных повышается. Температура воды в районе исследований в этот период составляет 10–13 °С. Категорию умеренно-холодноводных видов формируют в основном представители тихоокеанского приазиатского планктона, а также широко распространенные бореальные и амфибореальные виды.

Для всего периода наблюдений можно выделить три наиболее выраженные смены видового состава, связанные с сезонностью развития массовых структурообразующих групп и видов.

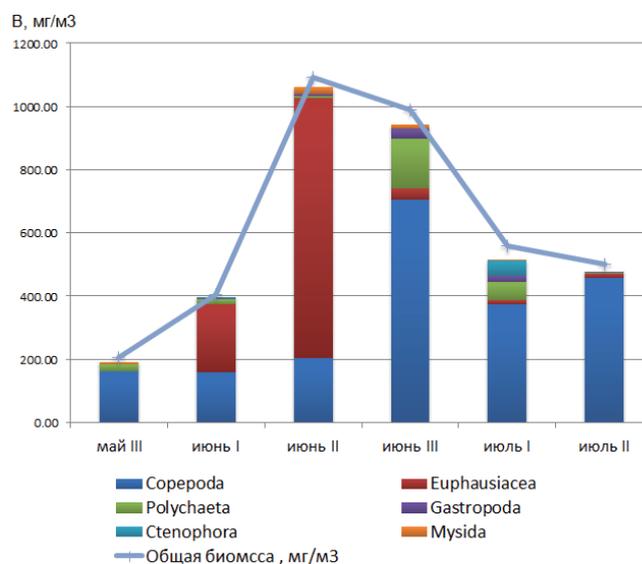
Первое качественное изменение в структуре сообщества в первой декаде июня связано с резким увеличением численности и биомассы эвфаузиид *Thysanoessa raschii*, представленных икрой, науплиусами и метанауплиусами. Основные глубины повышенных концентраций личинок эвфаузиид – изобаты 10–20 м. Доля половозрелых особей в прибрежье весьма ограничена. Ко второй декаде июня происходит перераспределение скоплений личинок эвфаузиид в более мористую зону на изобату 30 м, а к третьей декаде июня отголоски размножения эвфаузиид проходят только по мористой границе полигона исследований.



**Рис. 4.** Экологическая структура зоопланктона в прибрежных водах зал. Анива в мае–июле 2016 г. (по декадам): а. вертикальная зональность; б. тепловодность; в. зоогеографическая характеристика

**Fig. 4.** Ecological structure of zooplankton in the coastal waters of Aniva Bay in May–July 2016 (by decades): а. vertical zoning; б. thermal conductivity; в. zoogeographic characteristics

Второе изменение структуры зоопланктона наблюдается в третьей декаде июня – первой декаде июля (**рис. 5**). Оно связано с размножением бентосных организмов и появлением в пелагиали многочисленных и разнообразных пелагических личинок донных беспозвоночных – Polychaeta, Gastropoda, Bivalvia, Cirripedia, Decapoda.



**Рис. 5.** Динамика биомассы основных фаунистических групп зоопланктона в прибрежных водах зал. Анива в мае–июле 2016 г. (по декадам)

**Fig. 5.** Biomass dynamics of the basic faunistic zooplankton groups in the coastal waters of Aniva Bay in May–July 2016 (by decades)

Во второй декаде июля наблюдается еще одно перераспределение численности и биомассы отдельных видов – в доминирующие выходят морские дальненеритические и эпипелагические виды открытых вод – копеподы *Pseudocalanus newmani*, *Oithona similis* и нейстонные клadoцеры *Podon leuckartii*. В этот период показатели биомассы невысоки, и, вероятнее всего, именно в этот период сообщество стабилизируется и принимает черты летнего сообщества.

За исключением короткого периода размножения эвфаузиид, в прибрежье абсолютно преобладает копеподный планктон.

В третьей декаде мая в прибрежных водах отмечены самые низкие биомассы зоопланктона с минимальными значениями на изобатах 20 и 30 м. Средняя биомасса для всего обследованного участка не превысила 190,31 мг/м<sup>3</sup> (**табл. 2**; см. **рис. 5**; **рис. 6**). Калорийность планктона в этот период составила 2 753,51 кал/м<sup>2</sup>, суточный P/B – 0,153.

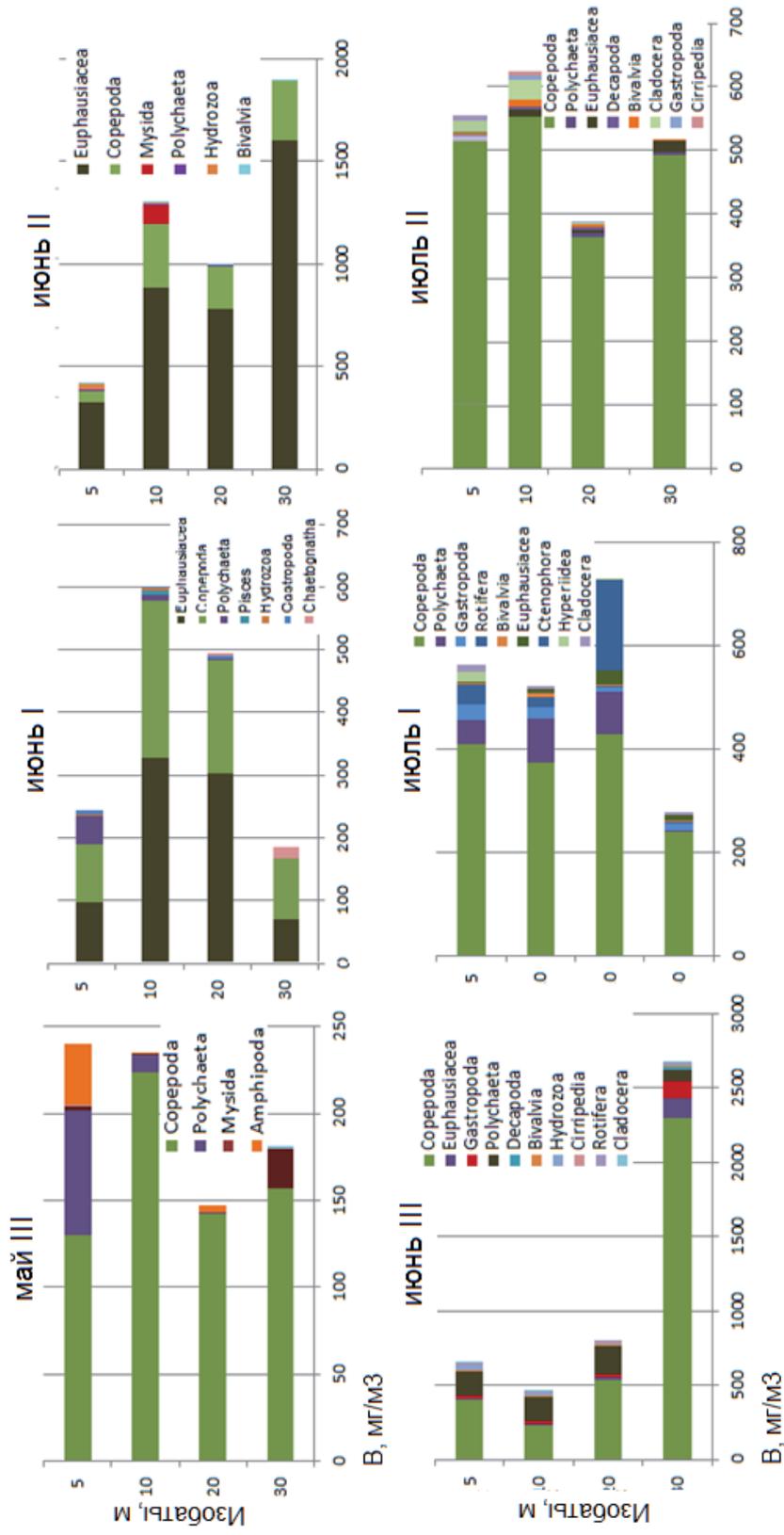


Рис. 6. Фаунистический состав и биомасса основных групп зоопланктона в прибрежье зал. Анива в мае–июле 2016 г. на различных изобатах (по декадам)

Fig. 6. Faunistic composition and biomass of the basic zooplankton groups in the coastal waters of Aniva Bay in May–July 2016 at different isobaths (by decades)

**Таблица 2**

**Биомасса зоопланктона по изобатам в мае–июле 2016 г.**

**Table 2**

**Zooplankton biomass in May–July 2016 (by isobaths)**

Период	Изобаты				Биомасса, мг/м <sup>3</sup>
	5 м	10 м	20 м	30 м	
Май III	227,5	223,65	138,95	171,15	190,31
Июнь I	242,9	589,57	486,85	182,35	375,42
Июнь II	476,35	1 289,75	988,05	1 876,00	1 157,54
Июнь III	621,25	432,07	799,92	2 530,67	1 095,98
Июль I	535,85	485,27	590,8	349,30	490,31
Июль II	567,525	629,65	385,87	525,35	527,10
Средняя биомасса, мг/м <sup>3</sup>	445,23	608,33	565,07	939,14	639,44

Основу численности в этот период формировали мелкоразмерные холодно-водные и умеренно-холодноводные виды копепод – *Acartia longiremis*, *Oithona similis*, *Pseudocalanus newmani*, суммарная доля которых достигала 81,2% от общей численности зоопланктона. По биомассе ядро сообщества формировали 6 видов: *Acartia longiremis*, *Pseudocalanus newmani*, Spionidae gen. sp., larvae, *Metridia pacifica*, *Oithona similis*, *Pseudocalanus elongatus*. Массовое размножение и развитие мелких неритических видов голопланктона и меропланктона отмечено в наиболее прогретой мелководной части полигона (изобаты 5–10 м).

К первой декаде июня наблюдается повышение биомассы зоопланктона за счет икры и личинок надшельфового вида *Thysanoessa raschii* (см. рис. 5, 6). Численность младших личиночных стадий данного вида составила 4,4 тыс. экз./м<sup>3</sup>, а биомасса – 241,57 мг/м<sup>3</sup>. В целом, эвфаузиевые раки формировали более 53% от общей биомассы. Еще 39% составили копеподы, представленные родами *Acartia*, *Pseudocalanus*, *Oithona*. Наибольшие плотности зоопланктона наблюдались в пределах изобат 10–20 м. На мелководье до глубины 10 м и в мористой части полигона биомасса зоопланктона была значительно ниже (см. табл. 2, рис. 6). Для съемки средняя биомасса зоопланктона составила 375,42 мг/м<sup>3</sup>. Калорийность зоопланктона в данный период составила 3 363,03 кал/м<sup>2</sup>, P/V – 0,061.

Во второй декаде июня в прибрежных водах продолжается доминирование эвфаузиевых раков. Они абсолютно преобладают по численности и биомассе, формируя более 75% от общей биомассы. Копеподы составляют 19%. Общая биомасса зоопланктона в пределах полигона в этот период возросла до 1 157,54 мг/м<sup>3</sup> (см. табл. 2). Основные концентрации эвфаузиид сместились в мористом направлении (см. рис. 6). Калорийность зоопланктона, по сравнению с предыдущей декадой, возросла до 7 208,41 кал/м<sup>2</sup>, суточный P/V составил 0,076.

К третьей декаде июня доля эвфаузиевых раков снизилась до 3,6% (35,70 мг/м<sup>3</sup>). Доля копепод, наоборот, увеличилась до 71,4% и составила 705,77 мг/м<sup>3</sup>. Помимо этого возросли численность и биомасса личинок полихет (15,9%) и гастропод (3,2%). В этот период максимальные скопления зоопланктона были локализованы над изобатами 20 и 30 м (см. рис. 6). Калорийность планктона достигла максимального значения за весь период наблюдений и составила 8 243,99 кал/м<sup>2</sup>, суточный P/V – 0,102.

К первой и второй декадам июля наблюдались значительный спад общих количественных показателей на всех исследуемых глубинах и их относительное выравнивание между изобатами. Средняя биомасса в эти периоды не превышала 490,31–527,10 мг/м<sup>3</sup> (см. **рис. 6**). Калорийность зоопланктона оставалась на довольно высоком уровне и составила ориентировочно 5 293,18–5 581,22 кал/м<sup>2</sup>. Суточный P/V варьировался в пределах 0,067–0,097.

В соответствии со структурой сообщества в весенний период 2016 г. суточный P/V зоопланктона изменялся от 0,061 до 0,153 и в среднем составил 0,0927. В этом случае P/V для всего периода наблюдений (50 суток) составит 4,63.

Так как полигон исследований является открытой акваторией с постоянным обменом взвешенным веществом и планктонными организмами с прилежащими участками зал. Анива, расчет общей продукции зоопланктона произведен для всей площади зал. Анива. Для прибрежной части для глубин от 0 до 30 м принимаем допущение об однородности прибрежного сообщества и сравнимости биомасс по всей береговой линии. Для акватории с глубинами более 30 м используем среднеголетнюю биомассу зоопланктона, полученную по результатам экспедиций СахНИРО в весенний период 2009 и 2012 гг. для открытой части зал. Анива, – 526,95 мг/м<sup>3</sup> (**Структура, распределение...**, 2013).

Рассчитанная общая продукция зоопланктона для всего зал. Анива составляет около 830 тыс. т. В прибрежье в пределах изобат 0–30 м на общую продукцию зоопланктона приходится 17,7%, что составляет 146,78 тыс. т; в центральной открытой части залива (глубины более 30 м) – 683,03 тыс. т (82,3% от общей) (**табл. 3**).

**Биомасса и продукция зоопланктона в зал. Анива в весенний период 2016 г. по изобатам**

**Таблица 3**

**Biomass and production of zooplankton in Aniva Bay in the spring period of 2016 (by isobaths)**

**Table 3**

Изобаты, м	0–5 м	5–10 м	10–20 м	20–30 м	Более 30 м
Средняя глубина по изобатам, м	2,5	7,5	15	25	71,35
Площадь по изобатам (ориентировочно), м <sup>2</sup>	200 600 000	200 600 000	430 700 000	1 144 600 000	3 923 500 000
Биомасса зоопланктона, г/м <sup>2</sup>	1,1	4,6	8,5	23,5	37,6
Продукция, г/м <sup>2</sup>	5,093	21,298	39,355	108,805	174,088
Продукция, т	1 021,66	4 272,38	16 950,20	124 538,20	683 034,27
Общая продукция, тыс. т	829,817				

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наблюдения за гидрологической ситуацией в прибрежье в мае–июле 2016 г. показали, что наиболее подходящие условия для обитания молоди лососевых после ската отмечались в третьей декаде мая и до первой декады июля с оптимальными значениями в первую и вторую декады июня. Превышенные температуры 12–14 °С в первую декаду июля способствует отходу молоди в более мористые участки залива. Проведенные исследования показали, что в

прибрежье в весенний период 2016 г. активизация биологических процессов, связанных с размножением и развитием планктонного сообщества, приходится на начало июня.

В третьей декаде мая основные скопления планктона с биомассой более 200 мг/м<sup>3</sup> локализовались в мелководной части залива до изобаты 5–10 м и были связаны с более быстрым прогревом прибрежных мелководий. В этот период отмечен рост биомассы зоопланктона за счет мелкоразмерного неритического копеподного планктона.

В первой–второй декадах июня за счет размножения эвфаузиевых раков общая биомасса зоопланктона возросла до 375–1 157,5 мг/м<sup>3</sup> с максимальными концентрациями на глубинах 10–30 м. К первой декаде июля численность и биомасса зоопланктона в прибрежье снижаются.

Наибольшая калорийность планктона отмечена во второй и третьей декадах июня – до 8 243,99 кал/м<sup>2</sup>.

Сезонный Р/В-коэффициент для периода наблюдений, охватывающего практически весь весенний сезон, составил 4,63. Расчетная продукция зоопланктона для всего зал. Анива составила 829,82 тыс. т, из которых лишь 17,7%, или 146,78 тыс. т приходится на прибрежные участки до изобаты 30 м.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаю благодарность научным сотрудникам лабораторий воспроизводства рыб и воспроизводства беспозвоночных и водорослей В. А. Сергеенко, И. С. Фесовцу, Р. Т. Гон за помощь в проведении экспедиционных работ и сборе материала; заведующему лабораторией гидробиологии доктору биологических наук В. С. Лабаю за консультации по расчету продукции; старшему научному сотруднику лаборатории океанографии кандидату географических наук Ж. Р. Цхай за предоставление данных спутникового наблюдения океанологических условий.

## ЛИТЕРАТУРА

Алимов, А. Ф. Введение в продукционную гидробиологию [Текст] / А. Ф. Алимов. – Л. : Гидрометеиздат, 1989. – 151 с.

Стандартные таблицы сырого веса и некоторых энергетических характеристик (калорийность, жиры, белки, углеводы, минеральный остаток) зоопланктона дальневосточных морей [Текст] / Б. М. Борисов, А. Ф. Волков, К. М. Горбатенко и др. // Изв. ТИНРО. – 2004. – Т. 138. – С. 355–367.

Будаева, В. Д. Результаты гидрологических исследований залива Анива в 2001–2003 гг. (структура и циркуляция вод) [Текст] / В. Д. Будаева, В. Г. Макаров, В. Н. Частиков // Тр. СахНИРО. – 2005. – Т. 7. – С. 83–110.

Винберг, Г. Г. О зависимости интенсивности обмена у членистоногих от величины тела [Текст] / Г. Г. Винберг // Учен. зап. Белорус. ун-та. – 1956. – Вып. 26, сер. биол. – С. 243–254.

Волков, А. Ф. Зоопланктон эпипелагиали дальневосточных морей: состав сообществ, межгодовая динамика, значение в питании нектона [Текст] : Автореф. дис. ... д-ра биол. наук / А. Ф. Волков. – Владивосток, 1996. – 70 с.

Горбатенко, К. М. Питание молоди горбуши в эпипелагиали Охотского моря в зимний период [Текст] / К. М. Горбатенко // Изв. ТИНРО. – 1996. – Т. 119. – С. 234–243.

Дулепова, Е. П. Сеголетки горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* и кеты *Oncorhynchus keta* в трофической структуре эпипелагиали южной части Охотского моря [Текст] / Е. П. Дулепова // Вопр. ихтиологии. – 1998. – Т. 38, вып. 5. – С. 633–640.

Каев, А. М. Ранний морской период жизни горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* и кеты *Oncorhynchus keta* о. Итуруп [Текст] / А. М. Каев, В. М. Чупахин // Тр. СахНИРО. – 2002. – Т. 4. – С. 116–132.

Лаженцев, А. Е. Питание молоди кеты и горбуши в Охотском море в осенний период [Текст] / А. Е. Лаженцев, Л. Н. Бохан // Изв. ТИНРО. – 2001. – Т. 128. – С. 791–798.

**Обоснование** сроков выпуска молоди лососей с ЛРЗ Сахалино-Курильского региона [Текст] : Отчет о НИР (промежуточный) / Рук. А. М. Каев. – Ю-Сах. : СахНИРО, 2012. – 77 с. – (Науч. арх. СахНИРО, инв. № 11465).

**Обоснование** сроков выпуска молоди лососей с ЛРЗ в Сахалино-Курильском регионе по вероятному термическому режиму и состоянию кормовой базы в прибрежье [Текст] : Отчет о НИР (промежуточный) / Рук. А. М. Каев. – Ю-Сах. : СахНИРО, 2013. – 67 с. – (Науч. арх. СахНИРО, инв. № 11659).

**Пискунов, И. Б.** Краткая характеристика динамики прибрежного зоопланктона северной части зал. Анива в 2003 году [Текст] / И. Б. Пискунов // Тр. СахНИРО. – 2005. – Т. 7. – С. 364–374.

Пищальник, В. М. Океанографический атлас шельфовой зоны острова Сахалин [Текст] : в 2-х ч. / В. М. Пищальник, А. О. Бобков; СахНИРО, МАНПО. – Ю-Сах. : СахГУ, 2000. – Ч. II. – 108 с.

**Современное** состояние условий среды и кормовой базы залива Анива [Текст] : Отчет о НИР (промежуточный) / Рук. С. А. Низяев. – Ю-Сах. : СахНИРО, 2015. – 199 с. – (Науч. арх. СахНИРО, инв. № 11960).

**Структура**, распределение и сезонная динамика зоопланктона как кормовой базы планктоноядных рыб в заливе Анива [Текст] : Отчет о НИР (промежуточный) / Рук. В. С. Лабай. – Ю-Сах. : СахНИРО, 2013. – 61 с. – (Науч. арх. СахНИРО, инв. № 11671).

**Условия** обитания и распространение молоди лососей в заливе Анива (восточный Сахалин) и сопредельных водах в 2004–2008 годах [Текст] : Отчет о НИР (промежуточный) / Рук. А. М. Каев. – Ю-Сах. : СахНИРО, 2009. – 95 с. – (Науч. арх. СахНИРО, инв. № 10967).

Чупахин, В. М. Распределение и некоторые черты биологии молоди горбуши и кеты в прибрежье острова Итуруп [Текст] / В. М. Чупахин, А. М. Каев // Изв. ТИНРО. – 1980. – Т. 104. – С. 116–121.

**Чучукало, В. И.** Питание и пищевые отношения nekтона и nekтобентоса в дальневосточных морях [Текст] / В. И. Чучукало. – Владивосток : ТИНРО-Центр, 2006. – 484 с.

**Шершнев, А. П.** Биология молоди кеты из прибрежных вод юго-восточной части Татарского пролива [Текст] / А. П. Шершнев // Тр. ВНИРО. – 1975. – Т. 106. Лососевые Дальнего Востока. – С. 58–66.

**Экспедиционный** отчет о проведении гидробиологических экспедиционных научно-исследовательских работ в устьевых участках рек Таранай и Марийка и прилегающем морском побережье (Анивский район) в период ската покотников тихоокеанских лососей [Текст] / Рук. Е. М. Латковская. – Ю-Сах. : СахНИРО, 2014. – 23 с. – (Науч. арх. СахНИРО, инв. № 11996).