

УДК 574.622 УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ОБЪЕКТОВ

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ПРИБРЕЖНОГО ЗООПЛАНКТОНА В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЗАЛ. АНИВА

И. А. Атаманова (i.atamanova@mail.ru)

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО»)

Сахалинский филиал («СахНИРО»)
Россия, г. Южно-Сахалинск, 693023, ул. Комсомольская, 196

Атаманова И. А. Сезонная динамика прибрежного зоопланктона в восточной части зал. Анива // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях : Труды «СахНИРО». – Южно-Сахалинск : «СахНИРО», 2020. – Т. 16. – С. 131–150.

Рассмотрены результаты сезонных планктонных съемок, проведенных в мае–октябре 2018 г. в прибрежье восточной части зал. Анива (район впадения реки Островка). Для всего периода наблюдений получены данные по температурному и солевому режиму прибрежных вод до изобаты 20 м, видовому составу, структуре, динамике численности и биомассы зоопланктона, а также рассчитаны различные показатели продуктивности зоопланктона для неритической зоны зал. Анива.

Установлено, что активизация биологических процессов в планктонном сообществе начинается во второй декаде мая с активного размножения эвфаузиевых раков, что ведет к резкому повышению биомассы зоопланктона. В июне отмечено снижение биомассы и продуктивности сообщества, что связано с локальным кратковременным снижением температуры воды, повлекшим изменения в структуре сообщества. Пик биомассы и продуктивности зоопланктона отмечен в августе. В это время наблюдалось максимальное развитие неритического комплекса прибрежных видов копепод, а также меропланктонных форм. В сентябре зоопланктон продолжает активно развиваться, возрастает значение умеренно-холодноводных и тепловодных видов. К середине октября появляются признаки осеннего периода – увеличивается число холодноводных видов, в первую очередь, крылоногих моллюсков, гидроидов, гипериид, оболочников. К этому времени биомасса зоопланктона, как и продуктивность сообщества, снижаются, но еще остаются на довольно высоком уровне.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: залив Анива, р. Островка, зоопланктон, видовой состав, биомасса, пространственное распределение, продуктивность.

Табл. – 5, ил. – 8, библиогр. – 34.

Atamanova I. A. The seasonal dynamics of coastal zooplankton in the eastern part of Aniva Bay // Water life biology, resources status and condition of inhabitation in Sakhalin-Kuril region and adjoining water areas : Transactions of the “SakhNIRO”. – Yuzhno-Sakhalinsk : “SakhNIRO”, 2020. – Vol. 16. – P. 131–150.

The results of seasonal plankton surveys in May–October 2018 in the coast of the eastern part of the Aniva Bay at the merge of Ostrovka river are described. Changes in the composition, density and biomass in accordance with the dynamics of temperature and salinity of water are given. Zooplankton productivity indicators are estimated.

The activation of biological processes in the plankton community begins in the second decade of May with the active reproduction of Euphausia. It leads to a significant increase in zooplankton biomass. Short-term decreases in water temperature lead to changes in the structure of the community and a decrease in its biomass and production in June.

The peak of zooplankton biomass and production was recorded in August. The maximum development of the neritic complex of coastal species of copepod and meroplankton forms is observed during this period. Zooplankton continues to develop actively in September, when the importance of cold-water and warm-water species increases.

Signs of the autumn period appear by mid-October. The number of cold-water species (Pteropoda, Hydrozoa, Hyperiid, Tunicata) is increasing. Biomass and production of zooplankton are declining by autumn, but still remain at a fairly high level.

KEYWORDS: Aniva Bay, zooplankton, structure, spatial distribution, biomass, production.

Table – 5, fig. – 8, ref. – 34.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время «СахНИРО» активно изучает состояние и функционирование прибрежных экосистем основных рыбопромысловых и аквакультурных районов Сахалина. Это связано с потребностью в информации о кормовой ценности и емкости прибрежных акваторий для объектов промысла, мари- и аквакультуры. В 2011–2012 гг. были проведены исследования у западного побережья зал. Анива в районе эстуария и главного русла р. Лютога, в 2016–2017 гг. – в морском побережье р. Таранай (**Трофические и энергетические..., 2014; К вопросу применимости..., 2017; Оценка приемной..., 2018**). В 2018 г. внимание было уделено исследованию восточного побережья зал. Анива, выявлению особенностей в функционировании и взаимодействии сообществ различных трофических уровней. В данной статье рассмотрены основные результаты исследований 2018 г., касающиеся неритического зоопланктона.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Пробы отобраны в 2018 г. в восточной части залива Анива на участке, прилегающем к устью реки Островка (**рис. 1**). Период работ включал три гидрологических сезона (весну – со второй декады мая по первую декаду июля; лето – со второй декады июля по сентябрь включительно; осень – октябрь) (**Пищальник, Бобков, 2002**).

Наиболее подробно изучен период, относящийся к скату и раннеморскому нагулу молоди лососевых в водах зал. Анива – в это время проведены подекадные съемки (со второй декады мая по вторую декаду июля). Затем, с августа по октябрь пробы отбирали один раз в месяц для изучения сезонного состояния зоопланктона. Пробы отбирали на трех разрезах тотальным вертикальным ловом при помощи планктонной сети (БСД-37, размер ячеи 0,168 мм) вдоль трех изобат – 5, 10, 20 м. За десять съемок отобрано и обработано 97 проб. Анализ материала проведен для каждой съемки отдельно, и в дальнейшем осреднен по месяцам и сезонам для получения сезонных характеристик.

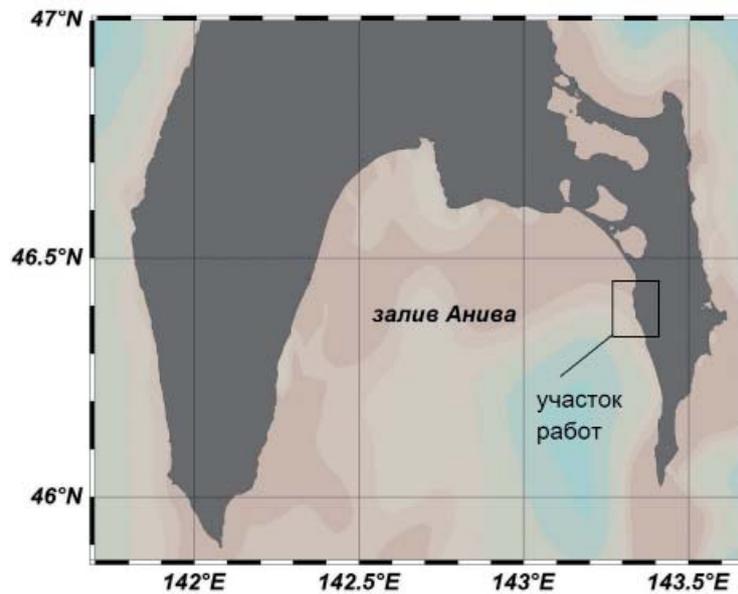


Рис. 1. Карта-схема района работ в зал. Анива в 2018 г.
 Fig. 1. Map-scheme of the study area in the Aniva Bay in 2018

Камеральная обработка проб осуществлена с использованием стандартного количественно-вещного метода (Инструкция по сбору..., 1974; Инструкция по количественной..., 1982; Современные методы..., 1983). Видовое определение планктонов проведено с использованием определителей и электронных ресурсов (Бродский, 1950; Виноградов, 1950; Ушаков, 1955; Наумов, 1960; Макаров, 1966; Isamu, 1972; Ломакина, 1978; Шувалов, 1980; Касаткина, 1982; Бродский и др., 1983; <https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/searching.php>; <http://species-identification.org/>). При расчете численности зоопланктона использованы поправки на уловистость сети Джеди, введенные ТИНРО (Волков, 1986, 2003).

Для пересчета численности зоопланктона на биомассу использованы таблицы стандартных весов и номограммы Численко (Численко, 1968; Борисов и др., 2004). Макропланктонные организмы взвешивали на электронных весах. В расчетах, связанных с видовым разнообразием, использовали данные по численности видов, оценку обилия видов и структуры сообщества проводили с использованием данных по биомассе. Для классификационных операций и построения дендрограммы сходства использовали показатель Q_i (Комплексные исследования..., 2012). Он рассчитан по формуле:

$$Q_i = k A_i^{0,25} B_i^{0,75},$$

где A_i – численность вида i ; B_i – биомасса вида i ; k – коэффициент метаболизма. По литературным данным, k принят равным для ракообразных 0,133; для аннелид, немертин и кишечнорастворимых – 0,115; для двустворок – 0,079; для гастропод – 1,126 (Комплексные исследования..., 2012).

Расчет продукции зоопланктона произведен физиологическим методом с учетом калорийности отдельных видов или групп. Энергетические траты видов зоопланктона под 1 м² акватории оценивали по степенному уравнению зависимости дыхания от массы (Иванова, 1985):

$$R=aW^b,$$

где: W – средняя масса особи в популяции (г); R – скорость потребления кислорода (мгО₂/ч•г); b – показатель степени; a – коэффициент интенсивности дыхания (мгО₂/ч•г).

Полученную величину умножали на 24. Для перевода единиц кислорода и массы в единицы энергии использовали переходные коэффициенты: 3,48 ккал/гО₂, 3,15 мгО₂/мгС, 44,77 Дж/мгС (Иванова, 1985). Продукция (P) приближенно оценивалась физиологическим методом:

$$P=R(K_2/(1-K_2)),$$

где K_2 – коэффициент утилизации пищи на рост (Иванова, 1985; Алимов, 1989). Значение K_2 для ветвистоусых рачков равно 0,3–0,4, а для веслоногих раков, в зависимости от продолжительности развития – 0,1–0,3 (Алимов, 1989). Для всех остальных организмов брали среднюю величину – 0,26 (Умнов, 1979; Методические рекомендации..., 1984; Алимов, 1989).

Продукцию биоценоза ($Pб$) рассчитывали по равенству:

$$Pб=Pм+Pх-Cх,$$

где: $Pм$ – суммарная продукция популяций мирных животных; $Pх$ – суммарная продукция популяций хищников; $Cх$ – суммарный рацион популяций хищников (Иванова, 1985).

При выделении сообществ на условных станциях (здесь – периоды съемки) 1 и 2 использовался индекс сходства, впервые предложенный Я. Чекановским (Максимович, Погребов, 1986):

$$C_{1,2}=2\Sigma(MINx_{1i}, x_{2i})/(\Sigma x_{1i}+\Sigma x_{2i}),$$

где x_i – величина обилия i -го вида (Q) на условных станциях 1 и 2 соответственно. Пробы считались отобранными из одной ассоциации при превышении значения индекса 40%. Кластеризацию исходных матриц осуществляли по методу невзвешенных парно-групповых средних (unweightedpair-group average) (Дюран, Одделл, 1977).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Видовой состав зоопланктона в районе исследований представлен видами из различных экологических групп. Итоговый список составил 104 вида и формы из 21 фаунистической группы уровня тип/отряд, число учтенных таксонов изменялось по съемкам от 32 до 58 с максимальным видовым разнообразием в августе и сентябре (табл. 1, рис. 2).

Активная и нестабильная гидрологическая обстановка на мелководье, и, в первую очередь, значительные колебания температуры воды и изменения направления ветра способствовали высокой вариабельности фаунистического состава по съемкам.

Таблица 1

**Видовой состав зоопланктона в прибрежных водах залива Анива
в районе р. Островка в мае–октябре 2018 г.**

Table 1

**Zooplankton species composition in the coastal waters of Aniva Bay
near the Ostrovka River in May–October 2018**

Вид/Форма	Группа	Май II	Май III	Июнь I	Июнь II	Июнь III	Июль I	Июль II	Август	Сентябрь	Октябрь
<i>Parafavella</i> sp.	Protozoa			+		+	+	+			
<i>Aglantha digitale</i> (O. F. Müller, 1766)	Hydrozoa	+			+	+	+				
<i>Bougainvillia superciliaris</i> (L. Agassiz, 1849)	Hydrozoa	+								+	
<i>Corymorpha</i> sp.	Hydrozoa								+	+	
<i>Euphysa</i> sp.	Hydrozoa		+								
Hydrozoa indet., juv.	Hydrozoa	+					+	+	+	+	+
<i>Obelia longissima</i> (Pallas, 1766)	Hydrozoa		+					+	+		
<i>Perigonimus</i> sp., juv.	Hydrozoa								+	+	+
Ctenophora indet., juv.	Ctenophora	+	+	+							
<i>Synchaeta</i> sp.	Rotifera	+		+		+	+				
<i>Harmothoe</i> sp., larvae	Polychaeta	+	+	+	+	+					
<i>Owenia</i> sp., larvae	Polychaeta	+									
<i>Proceraea</i> sp. Ehlers, 1864	Polychaeta	+				+					
Magelonidae gen. sp., larvae	Polychaeta		+								
Nereidae gen. sp., larvae	Polychaeta		+	+							
Polychaeta indet., larvae	Polychaeta	+	+	+		+	+	+	+	+	+
Sabellariidae gen. sp., larvae	Polychaeta		+								
Spionidae indet., larvae	Polychaeta	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Nemertini indet., larvae	Nemertini	+		+							
Oligochaeta gen. sp., larvae	Oligochaeta				+						
<i>Aidanosagitta tumida</i> (Verrill, 1873)	Chaetognatha							+	+		
<i>Parasagitta elegans</i> (Verrill, 1873)	Chaetognatha	+	+	+	+	+	+	+	+		
<i>Parasagitta melanognatha</i> (Molchanov, 1907)	Chaetognatha	+									
<i>Parasagitta</i> sp., juv.	Chaetognatha		+		+	+			+		
<i>Balanus crenatus</i> , larvae Bruguère, 1789	Cirripedia	+					+				
<i>Chtamalus</i> sp., larvae	Cirripedia					+		+			
Cirripedia indet., larvae	Cirripedia		+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Evadne nordmanni</i> Loven, 1836	Cladocera							+	+	+	+
<i>Podon leuckartii</i> Giesbrecht, 1889	Cladocera				+	+	+	+	+	+	+
<i>Calanus glacialis</i> Jaschnov, 1955	Copepoda	+	+	+	+	+		+			+
<i>Calanus pacificus</i> Brodsky, 1948	Copepoda								+		

Вид/Форма	Группа	Май II	Май III	Июнь I	Июнь II	Июнь III	Июль I	Июль II	Август	Сентябрь	Октябрь
<i>Neocalanus plumchrus</i> (Marukawa, 1921)	Copepoda	+	+	+	+	+					+
<i>Neocalanus</i> sp.	Copepoda	+	+	+	+	+					
<i>Mesocalanus tenuicornis</i> (Dana, 1849)	Copepoda					+			+		+
<i>Clausocalanus</i> sp.	Copepoda										+
<i>Acartia (Acanthacartia) steueri</i> Smirnov, 1936	Copepoda								+	+	
<i>Acartia (Acanthacartia) tumida</i> Willey, 1920	Copepoda				+						
<i>Acartia (Acartiura) hudsonica</i> Pinhey, 1926	Copepoda	+	+		+	+	+	+	+	+	+
<i>Acartia (Acartiura) longiremis</i> (Lilljeborg, 1853)	Copepoda	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Acartia</i> sp., juv.	Copepoda	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Calanidae gen. sp., juv.	Copepoda					+					
<i>Paracalanus parvus</i> (Claus, 1863)	Copepoda								+	+	+
<i>Pseudocalanus acuspes</i> (Giesbrecht, 1881)	Copepoda				+	+	+	+			
<i>Pseudocalanus minutus</i> (Kröyer, 1845)	Copepoda	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pseudocalanus newmani</i> Frost, 1989	Copepoda	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pseudocalanus</i> sp., juv.	Copepoda	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Centropages abdominalis</i> Sato, 1913	Copepoda	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Centropages</i> sp., juv.	Copepoda		+	+	+		+	+	+	+	+
<i>Centropages tenuiremis</i> Thompson & Scott, 1903	Copepoda						+				
<i>Epilabidocera longipedata</i> (Sato, 1913)	Copepoda				+				+	+	
<i>Eurytemora americana</i> Williams, 1906	Copepoda				+						
<i>Eurytemora herdmanni</i> Thompson & Scott, 1897	Copepoda	+	+		+	+	+	+	+		
<i>Eurytemora pacifica</i> Sato, 1913	Copepoda					+	+	+	+	+	+
<i>Eurytemora</i> sp., juv.	Copepoda	+	+		+	+	+	+	+	+	+
<i>Metridia okhotensis</i> Brodsky, 1950	Copepoda							+			
<i>Metridia pacifica</i> Brodsky, 1950	Copepoda						+				+
<i>Metridia</i> sp.	Copepoda					+		+	+	+	+
<i>Pseudodiaptomus japonicus</i> Kikuchi K., 1928	Copepoda								+		
<i>Labidocera rotunda</i> Mori, 1929	Copepoda				+						
<i>Oithona nana</i> Giesbrecht, 1892	Copepoda									+	

Вид/Форма	Группа	Май II	Май III	Июнь I	Июнь II	Июнь III	Июль I	Июль II	Август	Сентябрь	Октябрь
<i>Oithona similis</i> Claus, 1866	Copepoda	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Oncaea/Triconea</i> sp.	Copepoda	+				+					
<i>Tortanus (Boreotortanus) discaudatus</i> (Thompson & Scott, 1897)	Copepoda			+	+	+		+	+		+
<i>Triconia borealis</i> (Sars, 1918)	Copepoda	+	+	+							
<i>Triconia conifera</i> (Giesbrecht, 1891)	Copepoda					+		+			
<i>Microsetella norvegica</i> (Boeck, 1864)	Copepoda	+	+								
<i>Halicyclops</i> sp.	Copepoda	+		+							
<i>Hemicyclops</i> sp.	Copepoda								+	+	
Harpacticoida indet.	Copepoda	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cymbasoma</i> sp.	Copepoda						+				
Copepoda indet., naupl.	Copepoda	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Copepoda indet., ova	Copepoda		+	+							
<i>Paralithodes camtschaticus</i> (Tilesius, 1815)	Decapoda	+									
<i>Pinnaxodes mutuensis</i> Sakai, 1939	Decapoda								+		
<i>Pinnixa rathbuni</i> Sakai, 1934	Decapoda							+	+	+	
<i>Telmessus heiragonus</i> (Tilesius, 1812)	Decapoda	+									
<i>Crangon</i> sp.	Decapoda								+	+	
<i>Eualus</i> sp.	Decapoda								+	+	
<i>Pagurus</i> sp.	Decapoda	+				+			+	+	
Macrura indet.	Decapoda	+		+		+	+	+	+	+	+
Brachiura indet.	Decapoda			+					+	+	
<i>Liriopsis pygmaea</i> (Rathke, 1843)	Isopoda								+		+
<i>Themisto japonica</i> (Bovallius, 1887)	Amphipoda				+						
<i>Themisto</i> sp.	Amphipoda			+	+	+					
<i>Acanthomysis</i> sp.	Mysidacea	+							+		
<i>Neomysis awatschensis</i> (Brandt, 1851)	Mysidacea								+	+	
Asteroidea indet.	Echinodermata								+	+	
Echinoidea indet.	Echinodermata								+	+	
Ophiuroidea indet.	Echinodermata								+	+	
Echinodermata indet.	Echinodermata								+	+	+
<i>Thysanoessa raschii</i> (M. Sars, 1864), larvae	Euphausiacea	+	+	+	+	+			+	+	
<i>Thysanoessa raschii</i> (M. Sars, 1864), ova	Euphausiacea	+	+	+							
<i>Clione limacina</i> (Phipps, 1774)	Gastropoda				+						
<i>Limacina helicina</i> (Phipps, 1774)	Gastropoda	+	+	+							+
Gastropoda indet.	Gastropoda	+		+	+	+	+	+	+	+	+

Вид/Форма	Группа	Май II	Май III	Июнь I	Июнь II	Июнь III	Июль I	Июль II	Август	Сентябрь	Октябрь	
<i>Bivalvia</i> indet.	Bivalvia	+	+	+		+	+	+	+	+	+	
<i>Phoronopsis harmeri</i> Pixell, 1912, larvae	Phoronida								+	+		
<i>Phoronis ijimai</i> Oka, 1897, larvae	Phoronida								+			
<i>Phoronida</i> gen. sp., larvae	Phoronida					+	+	+	+	+		
<i>Fritillaria borealis</i> Lohmann, 1896	Tunicata							+	+	+	+	
<i>Oikopleura (Vexillaria) parva</i> Lohmann, 1896	Tunicata								+	+	+	
<i>Oikopleura (Vexillaria) dioica</i> Fol, 1872	Tunicata									+		
<i>Oikopleura (Vexillaria) labradoriensis</i> Lohmann, 1892	Tunicata									+		
<i>Oikopleura</i> sp.	Tunicata							+	+	+	+	
Итого, <u>видов/форм</u> групп		104 21	43 12	35 9	35 12	35 9	42 15	32 13	38 13	58 15	49 13	36 11

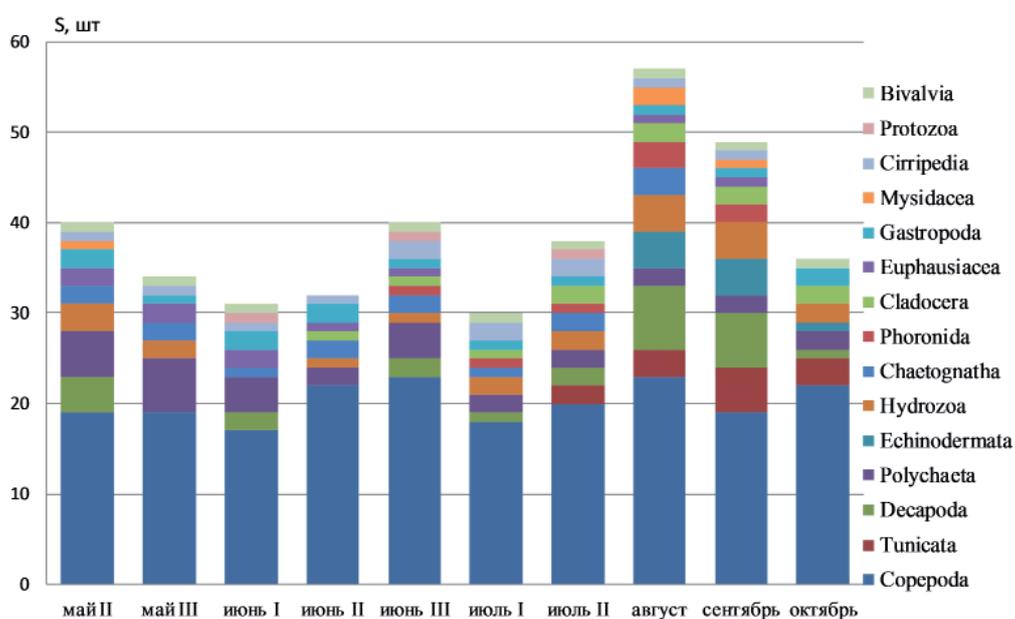


Рис. 2. Динамика основных фаунистических групп зоопланктона по числу видов, *S* (шт.)
Fig. 2. The dynamics of the main faunal groups of zooplankton by the number of species, *S* (pcs.)

В целом, прибрежный зоопланктон имел выраженный рачковый характер с доминированием веслоногих раков (Copepoda), представленных 43 видами и различными возрастными стадиями. Копеподы доминировали на протяжении всего периода наблюдений с минимальными показателями во второй декаде мая, первой декаде июня, августе и сентябре. Весной снижение доли копепод

наблюдалось на фоне размножения нескольких групп донных беспозвоночных и гидроидов, а также эвфаузиевых раков. Со второй декады июля в прибрежье возрастает разнообразие пелагических личинок донных животных, а также кладоцер, гидроидов и оболочников. Максимальные концентрации и видовое разнообразие копепод отмечены в августе – 36 807 экз./м³ и 23 вида.

На протяжении всего периода наблюдений основное значение среди копепод имели всего восемь видов (четыре рода), формировавших практически 80% от их общей численности (рис. 3). К ним отнесены мелкоразмерные солоноватоводные и морские прибрежные копеподы рода *Acartia*, дальненеритические эпипелагические виды рода *Pseudocalanus*, прибрежный *Centropages abdominalis*, массовые морские эпипелагические копеподы рода *Oithona*.

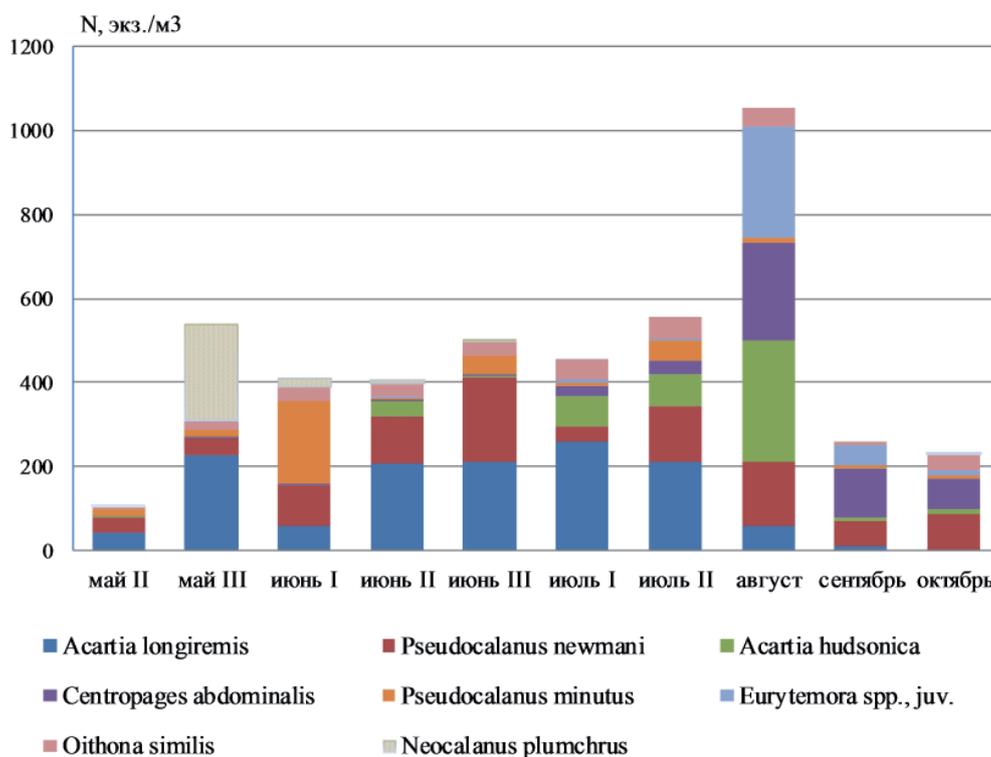


Рис. 3. Динамика численности структурообразующих видов копепод
 Fig. 3. The dynamics of the density of copepod key species

Для отдельных видов копепод была выражена сезонная динамика и приуроченность к определенным температурным условиям. Так, в первую половину периода наблюдений, который характеризовался «низким» температурным фоном в массе встречались холодноводные виды *Neocalanus plumchrus*, *Pseudocalanus minutus*, *Triconia borealis* (см. рис. 3; рис. 4). С прогревом прибрежных вод в пробах увеличивалась доля умеренно-холодноводных и тепловодных видов (*Pseudocalanus acuspes*, *Acartia hudsonica*, *Centropages abdominalis*), а также видов-индикаторов япономорских вод – *Paracalanus parvus*, *Acanthacartia steueri*, *Mesocalanus tenuicornis*.

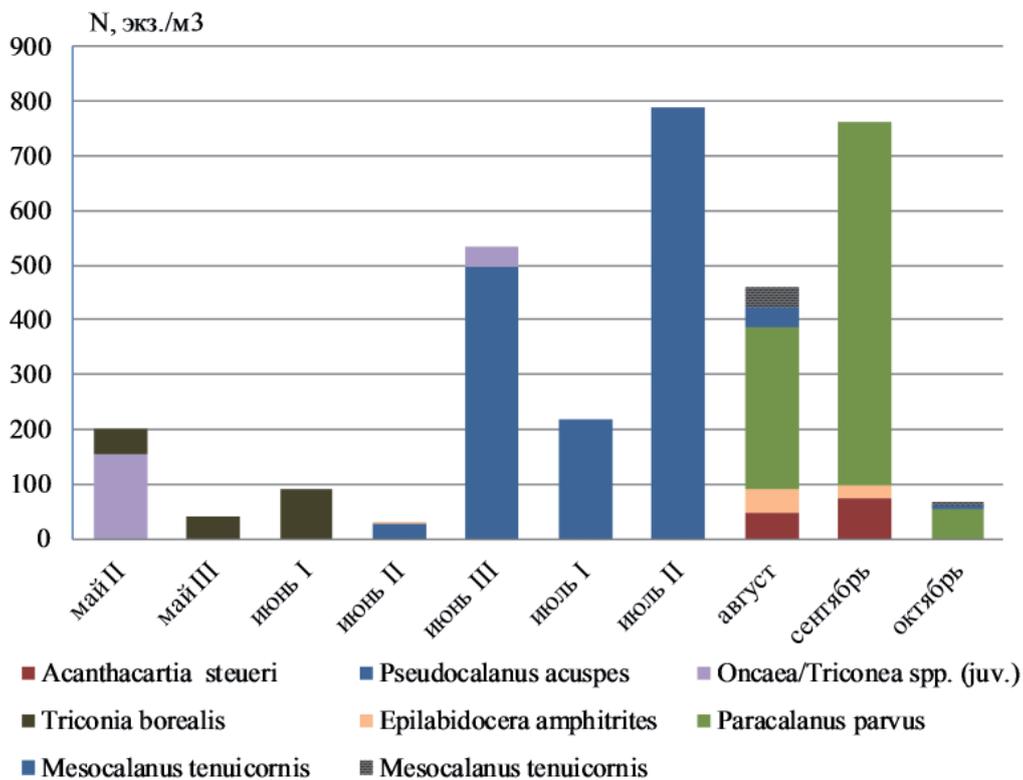


Рис. 4. Динамика численности характерных видов копепод
 Fig. 4. The dynamics of the density of other mass copepod species

Эвфаузиевые раки (Euphausiacea) в период исследований были представлены различными стадиями *Thysanoessa raschii* с максимумом численности икры и личинок во второй декаде мая – 39 915 экз./м³, после чего их численность значительно снизилась (см. рис. 2). Тем не менее, эвфаузииды встречались в прибрежье до сентября включительно. Взрослых особей в пробах за весь период работ обнаружено не было. Динамика соотношения личиночных стадий была крайне неравномерной, что может, с одной стороны, являться следствием пространственного перераспределения различных личиночных стадий, с другой, очевидны и издержки уловистости планктонной сетью активных личиночных стадий (рис. 5). Так, например, с мая по первую декаду июня в прибрежье преобладала икра эвфаузиевых (более 50%), позднее, со второй декады июня в пробах были отмечены исключительно фурцилии. За исключением июля, фурцилии преобладали в прибрежье вплоть до сентября. Калиптописы отмечены в III декаде мая, а также в сентябре. В промежуточные этапы они не улавливались сетью. В октябре эвфаузиевые в пробах не встречены.

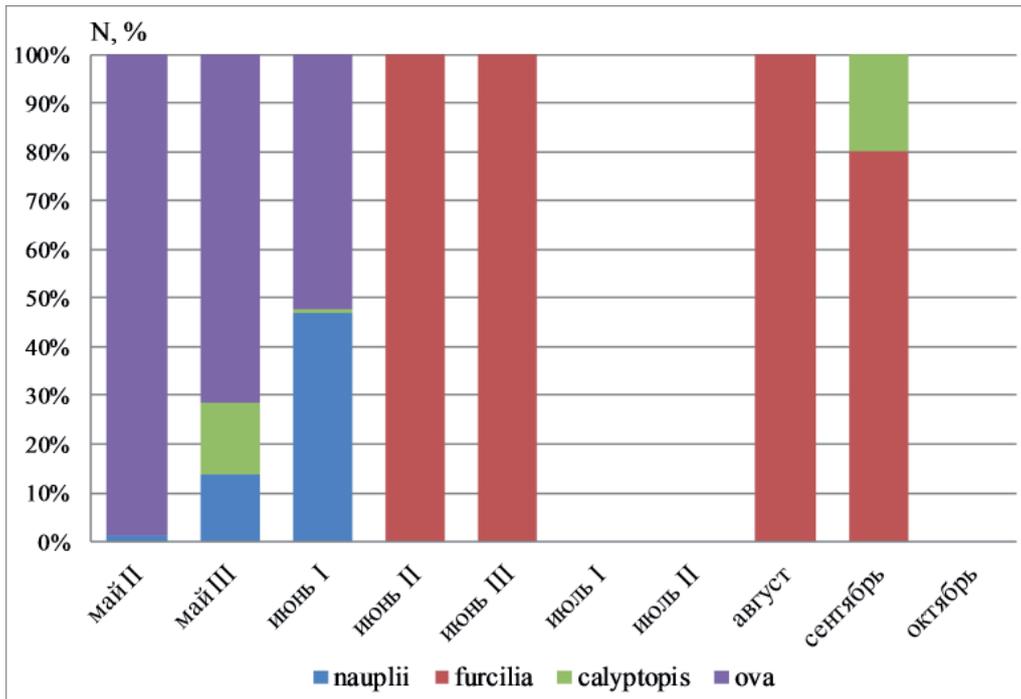


Рис. 5. Изменчивость соотношения различных личиночных стадий эвфаузиид
Fig. 5. Variability of the ratio of different larval stages of Euphausiacea

Появление в прибрежье нейстонных представителей ветвистоусых раков (Cladocera) *Podon leuckartii* и *Evadne nordmanni* зависело напрямую от температурного фона и, начиная со второй декады июня, их численность постепенно возрастала, достигая максимального значения в сентябре – 512 экз./м³ (см. **рис. 2**). В это время клadoцеры являлись одной из двух структурообразующих групп, определяющих облик летней зоопланктонной фауны.

Оболочники (Tunicata), представленные пелагическими видами родов *Oikopleura* и *Fritillaria*, имели значение только в летне-осенний период с максимальными концентрациями в октябре – 327 экз./м³. В целом, данная группа довольно обычный компонент шельфовых вод Сахалина, с максимальным развитием в весенний и осенний периоды. В прибрежье, как правило, видовой состав туникат ограничен.

Группа желетелого планктона (Hydrozoa, Stenophora) в период съемок была представлена девятью видами, из которых в массе встречены только личиночные и ювенильные особи. Coelenterata встречались на протяжении всего мониторинга, с пиком численности в период максимального прогрева вод в августе – 152 экз./м³. Появление гребневиков (Stenophora), было приурочено к весеннему периоду и в последующие этапы в пробах представители этой группы не встречались. Численность гребневиков была максимальной в третьей декаде мая, но не превышала 18 экз./м³.

Совершенно обычным компонентом прибрежных комплексов планктона являются представители факультативного планктона и меропланктона, представленного преимущественно пелагическими личинками донных организмов. Всего в прибрежье обнаружены личинки семи групп донных

беспозвоночных, из которых наибольшие концентрации отмечены для четырех групп – многощетинковых червей (Polychaeta), двустворчатых моллюсков (Bivalvia), десятиногих раков (Decapoda) и брюхоногих моллюсков (Gastropoda) (см. **рис. 2**). Многощетинковые черви в массе отмечались в мае и первой декаде июня с максимальными значениями во второй декаде мая (2 988 экз./м³). Не идентифицированные личинки двустворчатых моллюсков в массе встречались со второй декады мая и по октябрь включительно, с максимальными концентрациями в летне-осенний период (август–октябрь) до 3 688 экз./м³. Десятиногие раки – одна из наиболее разнообразных групп меропланктона, представленная личинками раков-отшельников, креветок и мелких прибрежных крабов. Всего в прибрежье с мая по октябрь отмечено 10 видов (см. **табл. 1**). Наибольшая численность личинок креветок отмечена в октябре – до 94 экз./м³ и в III декаде июня (63 экз./м³).

В сентябре основную долю личинок декапод формировали прибрежные крабы-горошины *Pinnixa rathbuni* – 37 экз./м³ и креветки – 27 экз./м³. Брюхоногие моллюски в районе не образовывали значительных концентраций на протяжении всего периода работ, максимальная численность личинок брюхоногих моллюсков отмечена во второй декаде мая и в августе с максимальным показателем 172 экз./м³. Остальные группы личиночного планктона не формировали значимых концентраций: Cirripedia на стадиях nauplius, сургис были встречены локально, с максимальными концентрациями в третьей декаде мая – 206 экз./м³; личинки трех подотрядов Echinodermata (Asteroidea, Echinoidea, Ophiuroidea) отмечены только в августе–октябре с максимальными плотностями в августе – до 428 экз./м³; Phoronida также были отмечены локально с третьей декады июля по сентябрь с максимальными концентрациями в августе – 360 экз./м³. Всего отмечено два вида форонид – *Phoronopsis harmeri*, *Phoronis ijimai* и не идентифицированная форма Phoronida gen. sp. Остальные фаунистические группы не вносили заметного вклада в формирование биомассы и продукции зоопланктона и были представлены ограниченным набором видов.

Трофическую структуру сообщества во всех съемках определяли тонкие и грубые фитофаги–фильтраторы, формирующие от 27 до 89% от общей биомассы зоопланктона (с максимальными показателями в июне I и сентябре) и эврифаги с варьированием показателей от 9 до 70% (с максимумом в мае II и августе) (**рис. 6**). В августе в сообществе значительна доля эврифагов, а к сентябрю доля фитофагов снова увеличивается и выходит на уровень 50–55%.

Хищный планктон в период съемки был представлен ограниченно – его доля изменялась от 0 до 3,6% от общей биомассы. Данную категорию формировали немногочисленные виды щетинкочелюстных, медуз, гребневиков, гипериид, крылоногих моллюсков, а также хищные копеподы. Наибольшего развития хищный планктон достигал в октябре и во второй декаде мая.

Анализ съемок по составу и структуре видов выявил два основных кластера на уровне сходства более 40% (**рис. 7**). Первый кластер (I) объединил съемки, проведенные с III декады мая по II декаду июля (весенний период), второй кластер (II) – с августа по октябрь (летне-осенний период). Ни в один из кластеров не вошла съемка, выполненная во II декаде мая, отличавшаяся абсолютным доминированием икры и личинок эвфаузиевых раков и наличием глубоководных и интразональных видов копепод.

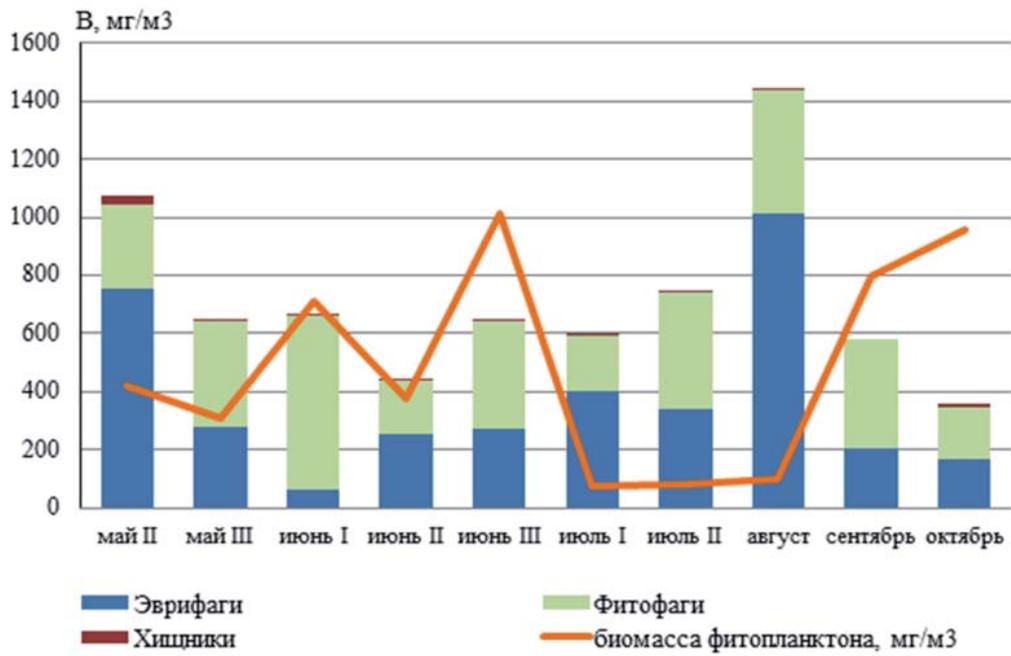


Рис. 6. Изменчивость трофической структуры зоопланктона (N, %)
 Fig. 6. Variability of the trophic structure of zooplankton (N, %)

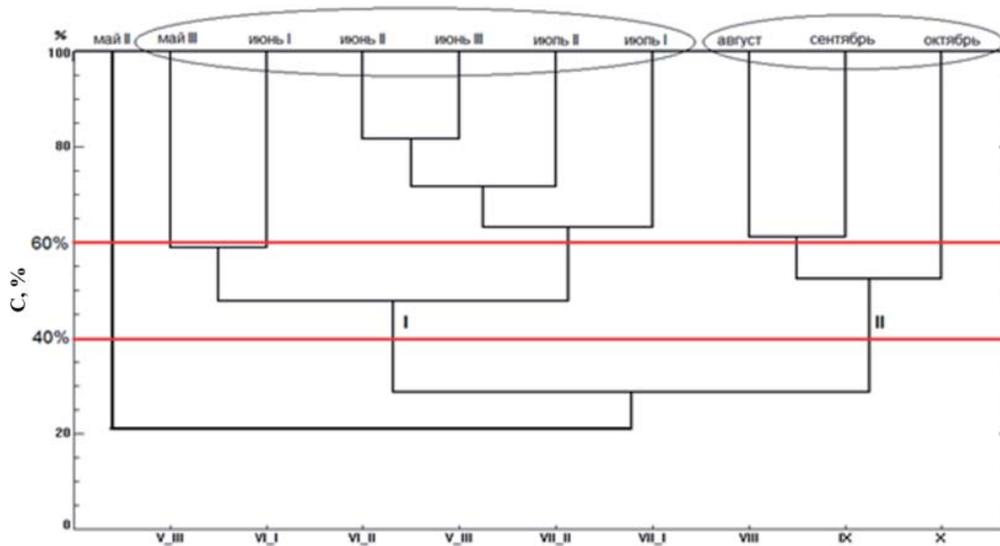


Рис. 7. Дендрограмма ценотического сходства зоопланктона по периодам съемки
 Fig. 7. The dendrogram of coenotic similarity of zooplankton by survey periods

Несколько иная картина просматривается на уровне сходства 60% (см. **рис. 7**). В данном случае из крупных сезонных кластеров выделяются отдельные съемки, в период проведения которых наблюдаются кратковременные изменения структуры сообществ на фоне локальной смены гидролого-метеорологических условий (направление ветра, снижение температуры). В этом случае в кластере I выделены съемки, проведенные в третьей декаде мая (доминирование *N. plumchrus* – 34,3% общей численности) и в первой декаде июня (доминирование *P. minutus* – 29,3%, *P. newmani* – 14,4%, *Haracticoida* indet. – 15,1%).

Во втором кластере (летне-осенний период) выделяется октябрьская съемка, выполненная в период заметного сезонного снижения температуры воды (см. **рис. 7**). В это время в планктоне возросло значение мелких медуз (*Perigonimus* sp. – 20,3% от общей численности) и оболочников (5,2%), доля неритического зоопланктона и меропланктона значительно снизилась. В группе копепоид снизилась доля тепловодных видов.

Количественные показатели. Численность зоопланктона изменялась в среднем по съемкам от 17 329 до 45 773 экз./м³. Его концентрации заметно возросли с третьей декады июня (**табл. 2, рис. 8а**). Это связано с периодом активного размножения и роста неритического комплекса, представленного мелкокоразмерными прибрежными видами копепоид, кладоцер, а также личинками разнообразных групп донных беспозвоночных. Максимальные значения численности (по станциям) отмечены в августе над изобатой 5 м (90 232 экз./м³). Минимальные значения отмечены в первой декаде июня и были приурочены к глубинам 5–10 м (3 669 экз./м³).

Общая биомасса зоопланктона за период исследований между съемками изменялась в широком диапазоне – от 455,74 до 1 473,36 мг/м³ (**табл. 3, рис. 8б**). Максимальные значения биомассы отмечены во второй декаде мая и августе и были связаны в мае – с активным размножением эвфаузиевых раков, в августе – с развитием неритического комплекса мелко- и среднеразмерных копепоид. Пятна повышенной биомассы в мае локализовались над глубинами от 10 м и глубже, в августе, наоборот, от нуля и до 5 м (см. **рис. 8б**). Минимальные значения биомассы отмечены во второй декаде июня – 455,74 мг/м³ и связаны с низким уровнем продуцирования в предыдущий период вследствие резкого снижения температуры воды в прибрежье. Наиболее выражен этот процесс на глубинах от 10 м и глубже.

В целом, для всего периода наблюдений хорошо прослеживается связь между распределением повышенной численности и биомассы зоопланктона, что свидетельствует о преобладании в прибрежье мелкой фракции. Единственным исключением является ранневесенний период, когда повышенные биомассы были связаны с присутствием менее многочисленных крупноразмерных интразональных и глубоководных видов.

Кормовая часть зоопланктона за весь период наблюдений составила более 98% за счет низкой численности и биомассы облигатного хищного планктона, не используемого в питании прибрежными рыбами. Это позволяет учитывать его практически целиком при определении кормовой ценности зоопланктона.

Таблица 2

Численность фаунистических групп зоопланктона
в мае–октябре 2018 г., N, экз./м³

Table 2

The number of faunistic groups of zooplankton during
May–October 2018, N, ind./m³

Группа	Май II	Май III	Июнь I	Июнь II	Июнь III	Июль I	Июль II	Август	Сентябрь	октябрь
Copepoda	23 442	18 372	16 561	17 318	19 571	32 168	26 113	36 807	10 992	18 388
Euphausiacea	18 870	154	1017	1	1			1	15	
Tunicata							40	911	1 274	1 888
Cladocera				1	2	106	550	2 080	3 533	127
Polychaeta	2 988	1 465	1 908	115	94	236	184	89	156	199
Bivalvia	263	12	25		41	163	40	3 688	735	583
Echinodermata								428	192	11
Gastropoda	70	6	13	99	148	204	52	590	121	38
Hydrozoa	1	19		1	1	1	2	800	179	90
Phoronida					1	123	59	360	38	
Cirripedia	4	206	5	188	86	73	21	1	13	
Decapoda	1		1		63	1	15	14	66	94
Chaetognatha	1	9	1	59	139	3	28	2		
Nemertini			13		42					
Rotifera	29		1		13	42				
Isopoda								3		31
Protozoa			1		12	25	14			
Oligochaeta						13				
Mysidacea	1							2	15	
Ctenophora	1	15	1							
Amphipoda			1	1	1					
Итого, экз./м ³	45 671	20 258	19 548	17 783	20 215	33 158	27 118	45 777	17 329	21 449

Таблица 3

Биомасса фаунистических групп зоопланктона в мае–октябре 2018 г.,
B, мг/м³

Table 3

The biomass of faunistic groups of zooplankton during May–October 2018,
B, mg/m³

Группа	Май II	Май III	Июнь I	Июнь II	Июнь III	Июль I	Июль II	Август	Сентябрь	Октябрь
Copepoda	214,61	596,94	539,70	433,78	589,32	571,36	705,94	1 180,75	333,34	344,93
Euphausiacea	751,67	6,44	38,34	0,40	0,30			0,04	11,28	
Cladocera				0,02	0,14	7,44	34,62	106,29	108,77	6,65
Tunicata							0,87	16,43	64,33	27,76
Polychaeta	70,73	58,65	85,46	5,24	4,35	10,85	7,03	3,75	6,11	6,71
Hydrozoa	4,22	0,55		4,40	0,17	0,76	0,03	69,54	41,67	108,68

Группа	Май II	Май III	Июнь I	Июнь II	Июнь III	Июль I	Июль II	Август	Сентябрь	Октябрь
Isopoda								2,18		25,00
Decapoda	0,52		0,70		49,29	0,08	2,21	1,57	4,64	6,56
Gastropoda	4,23	0,09	2,33	4,91	8,87	12,25	3,12	35,41	7,24	2,30
Phoronida					0,02	7,35	3,56	21,61	2,29	
Chaetognatha	30,60	0,25	1,67	0,67	1,65	1,28	6,86	0,33		
Bivalvia	1,84	0,08	0,18		0,29	1,14	0,28	25,82	5,15	4,08
Echinodermata								9,05	2,87	0,03
Cirripedia	0,02	1,59	0,29	5,06	2,40	1,78	0,57	0,04	0,34	
Mysidacea	0,08							0,54	2,83	
Oligochaeta						0,58				
Nemertini			0,25		0,83					
Amphipoda			0,03	1,25	0,13					
Ctenophora	0,01	1,05	0,09							
Rotifera	0,08		0,00		0,04	0,12				
Protozoa			0,00		0,04	0,08	0,04			
Итого, мг/м ³	1 078,60	665,65	669,04	455,74	657,81	615,05	765,14	1 473,36	590,88	532,72

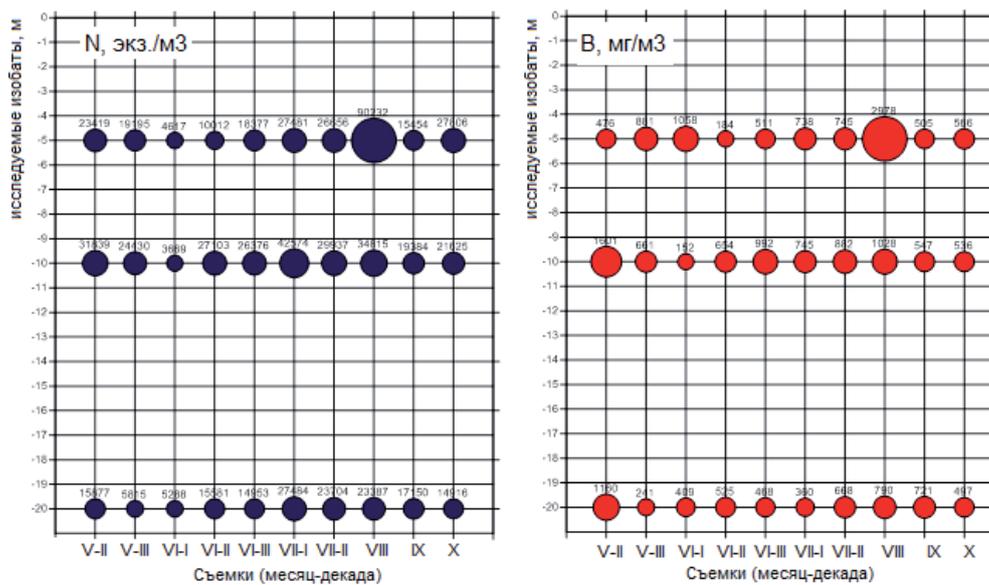


Рис. 8. Распределение численности (N) и биомассы (B) зоопланктона в мае–октябре 2018 г. по изобатам

Fig. 8. Distribution of the number (N) and biomass (B) of zooplankton in the isobaths in May–October 2018

При расчете продукции зоопланктона количественные показатели были приведены к 1 м² и затем пересчитаны на площадь неритической зоны зал. Анива (табл. 4, 5). За весь период наблюдений суточная продукция изменялась в пределах от 0,18 до 1,98 г/м². Отмеченное в первой декаде июня резкое падение температуры привело к смене структуры сообщества и снижению его продукционных показателей, в том числе биомассы, продукции мирного план-

ктона, скорости прироста продукции и калорийности планктона (см. табл. 4). Такая ситуация наблюдалась только в одной съемке и при повышении температуры в следующую декаду показатели опять начали расти. Суточный прирост продукции (P/V) в разных съемках составлял 0,024–0,184, с максимальными показателями во второй декаде мая и сентябре (см. табл. 4).

Таблица 4

**Основные продукционные показатели зоопланктона
в мае–октябре 2018 г.**

Table 4

Main production indicators of zooplankton in May–October 2018

Показатель	Май II	Май III	Июнь I	Июнь II	Июнь III	Июль I	Июль II	Август	Сентябрь	Октябрь
Температура, T°С	6,24	8,78	3,57	8,75	8,77	11,03	10,34	15,31	16,1	11,79
Биомасса, г/м ²	10,79	6,65	7,31	4,54	6,57	6,14	7,65	23,17	7,355	6,34
Численность, экз./м ²	456 686	201 885	20 971	177 175	25 669	331 315	271 097	752 833	251 463	336 052
Продукция нехищного зоопланктона P, кал/м ²	510,33	331,24	124,77	227,77	310,88	411,69	454,290	1 207,33	611,59	436,414
Продукция хищного зоопланктона, P, кал/м ²	5,70	15,15	12,61	17,60	5,53	31,29	25,38	110,116	80,82	26,094
Общая продукция, P, кал/м ²	497,03	295,93	95,34	186,71	297,98	338,68	395,07	1 760,81	423,01	375,53
Калорийность, кал. *г/м ²	2 703,0	6 116,1	3 972,6	3 690,4	5 172,6	4 537,4	5 666,9	15 288,4	2 665,2	4 562,1
Суточный P/V	0,184	0,048	0,024	0,051	0,058	0,075	0,0700	0,062	0,159	0,082

Расчет сезонных показателей зоопланктона в неритической зоне зал. Анива показал, что его летняя продукция практически в два раза выше, чем в весенний и осенний периоды (см. табл. 5). Обращают на себя внимание довольно высокие значения сезонных P/V-коэффициентов, которые получены благодаря высокой калорийности и продукции прибрежных видов планктона. Так, для весеннего периода сезонный P/V составил 6,60 при варьировании суточного P/V от 0,024 до 0,184; для летнего – 7,28 при варьировании суточных P/V от 0,07 до 0,159; для осеннего периода – 7,38 при суточном P/V – 0,082. Рассчитанные сезонные коэффициенты являются довольно высокими, по сравнению с известными данными для дальневосточных морей. Так, например летний P/V для Приморских вод Японского моря составляет 5,7 для нехищного планктона и 4,7 – для хищного (Дулепова, 2002). В нашем случае, на величину P/V влияет преобладание в составе и структуре зоопланктона прибрежных короткоциклических видов с высокой скоростью продуцирования, таких, например, как мелкие копеподы родов *Oithona*, *Pseudocalanus*, *Acartia*.

Таблица 5

**Сезонные продукционные показатели зоопланктона
в прибрежных водах зал. Анива**

Table 5

**Seasonal production indicators of zooplankton in the coastal waters
of the Aniva Bay**

Показатели	Весна	Лето	Осень
Площадь неритической зоны (0–20 м), м ²	831 900 000		
Биомасса зоопланктона г/м ²	7,00	12,72	6,34
Продолжительность сезона, сут.	90	75	90
Р/В суточный	0,07	0,10	0,082
Р/В сезонный	6,60	7,28	7,38
Продукция зоопланктона г/м ²	46,20	92,57	46,79
Продукция зоопланктона, Р кал*г/м ²	285,28	859,63	375,53
Биомасса зоопланктона, т	5 823,6	10 585,8	5 274,2
Продукция, т	38 435,8	77 011,7	38 923,9

Для осеннего периода получен довольно высокий уровень продукции, но его можно отнести только к началу сезона (раннеосенний), когда и температурный фон еще достаточно высокий и в сообществе наблюдаются лишь незначительные изменения, связанные с подготовкой к зимнему периоду. Как показывают данные за весенний и летний периоды, показатели сообщества могут меняться довольно значительно даже в пределах одного сезона, поэтому проведение одной съемки в октябре не может служить средним показателем для всего осеннего сезона, который для зал. Анива продолжается с октября по декабрь. Соотношение продукции хищного и нехищного зоопланктона для всего периода исследований изменялось по съемкам от 0,011 до 2,009 и в среднем составило 0,109. Такое соотношение близко к классическому соотношению соседних трофических уровней 0,2 (Иванова, 1985), но реальный разброс значений очень велик, что и показали наши съемки. Если брать осредненные данные по дальневосточным морям, то такое соотношение составляет ориентировочно 0,134 (Дулупова, 2002).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что в прибрежной зоне восточного побережья зал. Анива в течение всего вегетационного периода сосредоточены достаточно высокие концентрации кормового зоопланктона, представленного неритическим комплексом видов с доминированием рачкового планктона, в частности копепод, кладоцер и эвфаузиид. Биомасса зоопланктона с мая по октябрь составляла от 363 до 1 473 мг/м³ (в среднем весной 690,31 мг/м³, летом – 943,13 мг/м³ и ранней осенью – 532,72 мг/м³). Благодаря высокой концентрации короткоциклового высокопродуктивного неритического вида голопланктона и личинок донных беспозвоночных в прибрежье наблюдается высокий уровень продукции зоопланктона.

Как показали исследования 2018 г., структура сообщества и количественные показатели зоопланктона подвержены значительным вариациям в связи с резкими изменениями условий среды, характерными для прибрежных участков зал. Анива.

Автор выражает благодарность сотрудникам «СахНИРО» Е. С. Корнееву, Д. С. Заварзину, Е. В. Фролову, А. П. Прохорову, В. А. Сафроненко и другим, осуществлявшим сбор материала.

ЛИТЕРАТУРА

Алимов А. Ф. Введение в продукционную гидробиологию. – Л. : Гидрометеоздат, 1989. – 152 с.

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

Бродский К. А. Веслоногие рачки Calanoida дальневосточных морей и полярного бассейна. Определители по фауне СССР. – М., Л. : Наука, 1950. – 442 с.

Бродский К. А., Вышкварцева Н. В., Кос М. С., Мархасева Е. Л. Веслоногие ракообразные (Copepoda: Calanoida) морей СССР и сопредельных вод. Определители по фауне СССР, издаваемые ЗИН АН СССР, Вып. 135. – Л. : Наука, 1983. – Т. 1. – 358 с.

Виноградов Л. Г. Определитель креветок, раков и крабов Дальнего Востока // Изв. ТИНРО. – Т. 33. – 1950. – С. 179–353.

Волков А. Ф. О методике взятия проб зоопланктона // Изв. ТИНРО. – 1996. – Т. 119. – С. 306–311.

Волков А. Ф. Состояние кормовой базы и питание охотоморского минтая в осенний период // Тресковые дальневосточных морей. – Владивосток : ТИНРО, 1986. – С. 122–133.

Волков А. Ф., Горбатенко К. М., Мерзляков А. Ю. Планктон, состояние кормовой базы и питание массовых рыб эпи- и мезопелагиали Охотского моря в зимне-весенний период // Изв. ТИНРО. – 2003. – Т. 133. – С. 169–235.

Гидробиологическая характеристика притоков реки Лютога : Отчет о НИР (промежуточный) / В. С. Лабай, Л. А. Живоглядова, И. В. Мотылькова. – Ю-Сах. : СахНИРО, 2013. – 124 с. – (Инв. № 11687 н/а).

Гидробиологическая характеристика условий речного периода жизни тихоокеанских лососей и объектов любительского и спортивного рыболовства в основном течении реки Лютога : Отчет о НИР / В. С. Лабай, Л. А. Живоглядова, И. В. Мотылькова. – Ю-Сах. : СахНИРО, 2013. – 191 с. – (Инв. № 11836 н/а).

Дулепова Е. П. Сравнительная биопродуктивность макросистем дальневосточных морей. – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2002. – 274 с.

Дюран Б., Оделл П. Кластерный анализ. – М. : Статистика, 1977. – 128 с.

Иванова М. Б. Продукция ракообразных в пресных водах. – Л. : ЗИН АН СССР, 1985. – 220 с.

Инструкция по количественной обработке морского сетного планктона. – Владивосток: ТИНРО, 1982. – 29 с.

Инструкция по сбору и первичной обработке планктона в море. – Владивосток: ТИНРО, 1974. – 49 с.

К вопросу о применимости «Методики оценки приемной емкости водных объектов для целей искусственного воспроизводства и пастбищной аквакультуры (проект) для кеты и горбуши в условиях зал. Анива : Отчет о НИР (промежуточ.) / Ю. И. Игнатъев. – Ю-Сах. : СахНИРО, 2017. – 110 с. – (Инв. № 12237 н/а).

Касаткина А. П. Щетинкочелюстные морей СССР и сопредельных вод. – Л. : Наука, 1982. – 136 с.

Комплексные исследования подводных ландшафтов в Белом море с применением дистанционных методов / В. О. Мокиевский, В. А. Спиридонов, А. Б. Цетлин, У. Д. Краснова (ред.) // Тр. Беломорской биостанции МГУ. – М. : Товарищество науч. изд. КМК, 2012. – Т. 11. – 173 с.

- Кузицин К. В., Малютина А. М., Груздева М. А.** Сезонная динамика питания и пищевые отношения молоди лососевых рыб (Salmonidae) в бассейне реки Коль (западная Камчатка) // *Вопр. ихтиологии.* – 2015. – Т. 55, № 3. – С. 323–350.
- Ломакина Н. Б.** Эвфаузииды мирового океана (Euphausiacea). Определители по фауне СССР. – М., Л. : Наука, 1978. – 222 с.
- Макаров Р. Р.** Личинки креветок, раков-отшельников, крабов западнокамчатского шельфа и их распределение. – М., Л. : Наука, 1966. – 162 с.
- Максимович Н. В., Погребов В. Б.** Анализ количественных гидробиологических материалов : Учеб. пособие. – Л. : ЛГУ, 1986. – 97 с.
- Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция.** – Л. : ГосНИОРХ, 1984. – 33 с.
- Наумов Д. В.** Гидроиды и гидромедузы морских, солоноватоводных и пресноводных водоемов СССР. – М.; Л. : АН СССР, 1960. – 626 с.
- Оценка** приемной емкости прибреговой акватории северо-западной части зал. Анива для молоди кеты и горбуши : Отчет о НИР (заключ.) / А. А. Живоглядов. – Ю-Сах. : СахНИРО, 2017. – 77 с. – (Инв. № 12626 н/а).
- Пищальник В. М., Бобков А. О.** Океанографический атлас шельфовой зоны острова Сахалин. – Ю-Сах., 2000. – Ч. I – 173 с.
- Современные** методы количественной оценки распределения морского планктона. – М. : Наука, 1983. – 280 с.
- Трофические** и энергетические взаимодействия различных компонент водной биоты «лососевой реки» о. Сахалин на примере р. Лютога : Отчет о НИР (промежуточ.) / В. С. Лабай. – Ю-Сах. : СахНИРО, 2015. – 174 с. – (Инв. № 11957 н/а).
- Умнов А. А., Алимов А. Ф.** Соотношение продукции с общим потоком энергии через популяцию // *Общие основы изучения водных экосистем.* – Л., 1979. – С. 33–38.
- Ушаков П. В.** Многощетинковые черви дальневосточных морей СССР (Polychaeta). Определители по фауне СССР. – М.; Л. : Наука, 1955. – 445 с.
- Численко Л. Л.** Номограммы для определения веса водных организмов по размерам и форме тела. – Л. : Наука, 1968. – 106 с.
- Шувалов В. С.** Веслоногие рачки-циклопоиды семейства Oithonidae Мирового океана. – Л. : Наука, 1980. – 197 с.
- Яшнов В. А.** Инструкция по сбору и обработке планктона. – М. : ВНИРО, 1934. – 43 с.
- Isamu Y.** Illustrations of the marine plankton of Japan. – Hoikusha Publishing Co., LTD, Osaka, Japan, 1972. – 380 p.