

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ЗООПЛАНКТОНА зал. АНИВА В 2001–2002 гг.

И. Ю. Брагина

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

ВВЕДЕНИЕ

Структура планктонных сообществ, сезонная и межгодовая динамика их биологических показателей являются одним из основных факторов, влияющих на пространственно-временную динамику скоплений рыб-планктофагов, урожайность их поколений, темп роста и упитанность.

Изучение зоопланктона залива Анива определено его ролью как кормовой базы ряда промысловых рыб – таких, как молодь минтая, сельдь, мойва, азиатская и малоротые корюшки, красноперка и песчанка, а определение направленности реакции сообщества на изменения факторов биоты – это шаг в направлении методического подхода к прогнозу состояния II и III трофических уровней экосистемы залива.

Однако необходимо помнить, что зоопланктон состоит не только из кормовых объектов рыб-планктофагов, но и из таких хищных форм, как щетинкочелюстные *Sagitta elegans s. l.*, достигающих в длину 40 мм и, порой, формирующих до 75% общей биомассы планктонных организмов, обитающих в отдельных подрайонах вод Сахалина (Bragina, 1999). Крупные плотоядные планктеры, выедая значительную часть зоопланктона, являются не только пищевыми конкурентами рыб, но и потребителями их икры и личинок.

Кроме того, важнейшие в промысловом отношении беспозвоночные (крабы, креветки, двустворчатые, брюхоногие и иглокожие моллюски) имеют планктонную стадию развития, поэтому изучение условий среды обитания и механизма перераспределения личинок в период от выклева до оседания является необходимым для прогнозирования численности этих животных на более поздних стадиях онтогенеза.

Рассматривая зоопланктон в целом, тем не менее следует помнить, что это весьма сложная биологическая структура, состоящая из значительного числа видов, находящихся на различных стадиях развития, различающихся по типу питания и приуроченности к водным массам различного класса температуры и солености. Более того, зоопланктон совершает суточные, сезонные и онтогенетические вертикальные миграции наряду с пассивным вертикальным и горизонтальным перемещением, обусловленным сложной системой течений различного происхождения и наличием стратификации водных масс.

Акватория исследований расположена в южной части Охотского моря и является северной частью пролива Лаперуза. Сообщество зоопланктона залива формируется под влиянием охотоморских (Восточно-Сахалинское течение), япономорских вод (течение Соя), перераспределения вод северной части Японского моря посредством апвеллинга (у скалы Камень Опасности), антициклонической циркуляции на юге залива. В силу своей относительной мелководности залив характеризуется наличием развитого неритического комплекса планктонных организмов.

Залив Анива является районом активного промысла ряда промысловых рыб и беспозвоночных и на протяжении последних 60 лет неоднократно становился районом исследований низких трофических уровней – важнейших звеньев пищевой цепи морской экосистемы.

Первые планомерные сборы планктона в заливе Анива были проведены в 1947 г. судами Курило-Сахалинской экспедиции ЗИН и ТИНРО. В 1948 г. сборы были продолжены Сахалинским отделением ТИНРО, результаты исследований опубликованы Л. А. Пономаревой (1961). В данной работе содержатся схемы пространственного распределения биомассы сетных уловов в период июнь–сентябрь, сведения о видовом составе метазоопланктона (48 видов), характеристика «собственного комплекса» планктонов залива и группировок планктонных животных, населяющих водную толщу данной акватории в зависимости от сезона и степени влияния водных масс сопредельных акваторий.

Позже, в частности после прекращения наблюдений на Антоновском разрезе в Татарском проливе, планктонные съемки по стандартной схеме станций в зал. Анива проводились с различной дискретностью и различными орудиями лова. За этот период (1955–1986 гг.) было проведено около 15 экспедиций, в результате которых были установлены особенности распределения общей биомассы зоопланктона, получена его оценка как кормовой базы сахалино-хоккайдской сельди и песчанки пролива Лаперуза. Тогда же были предприняты попытки изучения продукционных свойств зоопланктона. При этом принималось в расчет, что залив Анива имеет замкнутую, изолированную экосистему, и был сделан вывод о повышении общей биомассы зоопланктона в годы, характеризующиеся положительной температурной аномалией воды (Федотова, 1982; Федотова, Колганова, 1987). Следует учесть, что первичные данные исследований 1955–1986 гг. являются в настоящий момент недоступными для перевода их в электронную форму, последующего введения необходимых коэффициентов с целью их стандартизации и дальнейшего использования.

С 1986 по 1995 г. исследования зоопланктона залива проводились дважды в год (весной и осенью), т. е. в периоды протекания таких явлений, как сезонные вспышки в развитии фитопланктона и последующие пики биомассы различных группировок зоопланктона. Интенсивность же подобных процессов определяется, в частности, механизмом формирования теплозапаса водных масс под влиянием адвекции и инсоляции, а также стратификацией водной толщи.

Результатами, полученными в ходе проведения подобных стандартных съемок в период 1987–1995 гг., явились: видовая структура сообщества зоопланктона исследуемой акватории, динамика его биомассы, соотношение различных размерных фракций (как показатель доступности объектов питания для планктофагов), экологическая структура зоопланктона (как показатель влияния основных водных масс на формирование фауны планктона), а также динамика биомассы хищной группировки зоопланктона, лимитирующей численность как самого планктона, так и нектона, путем непосредственного выеда-

ния его на ранних стадиях развития и посредством создания в дальнейшем пищевой конкуренции для выживших особей (Брагина, 1989; Bragina, 1999).

Проведенные исследования позволили оценить залив Анива как наиболее продуктивный из девяти подрайонов присахалинских вод, по крайней мере, в весенний период. Биомасса зоопланктона составила весной в среднем 1152 мг/м³ при явном доминировании холодноводной группировки планктеров – более 87%, т. е. на уровне, рассчитанном для восточного побережья Сахалина и глубоководной южной котловины Охотского моря. Основная роль в формировании столь высокой биомассы принадлежала щетинкочелюстным *Sagitta elegans s. l.* и эвфазуидам *Thysanoessa raschii*. В осенний период биомасса была значительно ниже, чем в других районах акватории исследований (673 мг/м³), то же справедливо и в отношении содержания холодноводного комплекса планктеров (62,5%). Для этого сезона было характерно доминирование копепод средней и мелкой фракции в структуре зоопланктона. Доля хищных планктеров в заливе достигала в отдельные периоды 75% от общей биомассы, что явилось максимальным значением для присахалинских вод в 1987–1995 гг. (Bragina, 1999, 2003).

В 2001–2002 гг. на акватории залива было проведено десять комплексных экспедиций, включающих измерение океанологических параметров, определение гидрохимических показателей, концентрации хлорофилла *a*, отбор проб зоо- и фитопланктона. Целями проведенных исследований явились более детальное изучение сезонной изменчивости фито- и зоопланктона и влияние на указанные компоненты экосистемы абиотических факторов среды. Тем более актуальными данные исследования следует считать в период усиления антропогенного воздействия на биоту акватории, связанного с освоением нефтегазовых месторождений на шельфе Сахалина и проведением комплекса гидротехнических мероприятий в непосредственной близости от районов обитания либо воспроизводства ценнейших гидробионтов. Несомненно то, что в силу неспособности к избеганию зон негативного воздействия самыми уязвимыми в данной ситуации являются представители планктона, а это влечет за собой не только ухудшение условий нагула рыб и беспозвоночных, но и гибель их на ранних стадиях онтогенеза.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В работе использованы результаты обработки проб, собранных в период 2001–2002 гг. на НПС СахНИРО «Дмитрий Песков» (табл. 1). Съёмки проводились по стандартной схеме станций (рис. 1). Сбор проб осуществлялся планктонными сетями Джели (площадь входного отверстия 0,1 м², размер ячеек газа 0,112 мм) методом тотального облова слоя 100–0 м (при меньшей глубине – от дна до поверхности).

Работы велись круглосуточно. Количественная обработка полученных проб проведена в соответствии с «Инструкцией по обработке проб планктона счетным методом» (1978) и «Рекомендациями по экспресс-обработке сетного планктона в море» (1984). Вес крупных форм зоопланктона определялся методом прямого взвешивания, биомассу планктеров средней и мелкой фракций рассчитывали, исходя из численности, с использованием стандартных весов и номограмм Численко (Лубны-Герцык, 1953; Численко, 1968; Микучич, Родионов, 1975). При подсчете общей биомассы вводились поправочные коэффициенты уловистости сети Джели, различные для отдельных систематических и размерных групп планктеров (Волков, 1997).

Количество полученного и обработанного материала

Год	Месяц												Всего
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2001	–	–	–	23	–	24	–	24	–	24	24	–	119
2002	24	–	–	24	–	24	–	24	–	24	–	–	120

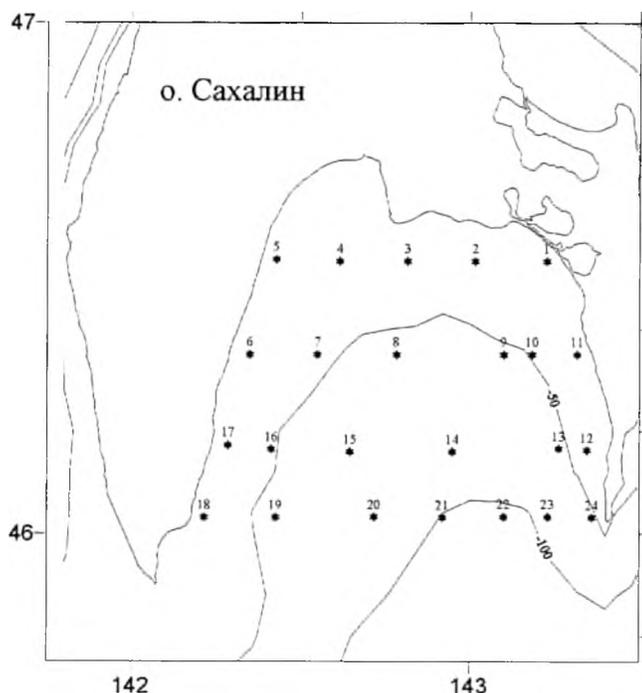


Рис. 1. Схема планктонных станций экспедиций СахНИРО в 2001–2002 гг.

Идентификация копепод проведена с учетом ревизии семейств Calanidae и Acartiidae, рода *Pseudocalanus* (Bradford, Jillett, 1974; Bradford, 1976; Miller, 1988; Frost, 1989; Саматов, Саматова, 1996). Экологическая и биогеографическая характеристика планктеров приведена по М. С. Кун (1975), трофические характеристики – по данным ряда авторов (Беклемишев, 1954; Гейнрих, 1963; Арашкевич, 1969, 1978; Вышкварцева, 1977; Петипа, 1981; Косихина, 1982; Кондратьева, Савельев, 2003а, 2003б, 2003в). Показатели структуры сообщества рассчитана по методикам, цитируемым в работах (Одум, 1975; Песенко, 1982; Morisita, 1959; География..., 2002). Коэффициенты, поправочные на время суток, не вводились, так как облавливался весь слой воды.

Автор выражает искреннюю признательность сотрудникам СахНИРО Г. А. Кантакову, А. М. Козляковскому, В. К. Ткачуку, В. Н. Частикову, участвовавшим в сборе проб зоопланктона, и сотрудникам лаборатории гидробиологии ТИНРО-центра Н. Т. Долгановой, Л. Н. Бохан, М. А. Шебановой, Б. М. Борисову, А. М. Слабинскому за высокопрофессиональную помощь в обработке материалов.

РЕЗУЛЬТАТЫ

По результатам десяти экспедиций, видовой состав зоопланктона залива представлен 104 формами различного таксономического уровня. Фауна зоопланктона вод залива состояла как из типичных поверхностных, так и из верхне- и нижеинтерзональных планктеров, заносимых на акваторию относительно мелководного залива мощными приливными течениями (юго-восточная часть) и антициклоническим вихрем (с южной границы залива). Максимум видового разнообразия отмечен в августе и октябре 2001 г., минимум – в апреле и июне того же года (табл. 2).

Таблица 2

Показатели структуры сообщества зоопланктона зал. Анива, 2001–2002 гг.

Период	c	H	e	d	Q	Ka
Апрель 2001 г.	0,36	2,201	0,44	1,46	2,80	2,04
Апрель 2002 г.	0,24	2,76	0,49	1,83	2,91	1,55
Июнь 2001 г.	0,21	2,77	0,54	2,12	2,36	2,12
Июнь 2002 г.	0,10	2,94	0,52	2,47	2,68	1,31
Август 2001 г.	0,11	3,91	0,63	2,43	2,28	1,59
Август 2002 г.	0,13	3,49	0,58	2,37	2,55	1,16
Октябрь 2001 г.	0,12	3,81	0,64	2,10	2,19	1,37
Октябрь 2002 г.	0,13	3,55	0,59	2,99	2,43	1,16
Ноябрь 2001 г.	0,16	3,32	0,56	1,94	2,58	2,11
Январь 2002 г.	0,24	2,81	0,50	1,76	2,83	1,88

Примечание: c – показатель доминирования Менхиника; H – показатель общего видового разнообразия Шеннона; e – показатель выровненности по Пилелу; d – показатель видового разнообразия Симпсона; Q – энтропийная оценка уровня абсолютной организации сообщества зоопланктона; Ka – показатель агрегированности Мориситы.

В период с июня по ноябрь по биомассе среди планктеров преобладали бореальные (57–84%) виды, а в период с января по апрель – аркто-бореальные (51–84%). Южно-бореальные виды, отмечавшиеся по данным 1987–1995 гг. только в восточной части залива, в значительном количестве наблюдались на всей акватории залива в период летних и осенних съемок 2001–2002 гг.

Несмотря на то, что акватория залива полностью расположена в неритической зоне, доля облигатного планктона достигала в среднем 98% всей биомассы, и лишь 2% приходилось на долю меропланктона, представленного личинками иглокожих, гастропод, двустворчатых моллюсков, разнообразными декаподами, икрой и личинками рыб (в основном анчоуса). Комплекс неритических животных, в целом, составлял около 14% по биомассе.

По численности в течение всего года преобладали копеподы *Oithona similis* и *Pseudocalanus newmani*. По биомассе доминировали щетинкочелюстные *Sagitta elegans s. l.*, копеподы *Pseudocalanus minutus*, *Ps. newmani*, эвфаузииды *Thysanoessa raschii*.

Кроме традиционно преобладающих по биомассе копепод, эвфаузиид, щетинкочелюстных и гипериид (рис. 2), в зимний период (январь 2002 г.) отмечено значительное содержание мизид *Acanthomysis dimorpha*, *A. stellatus*, *Neomysis mirabilis*, *Inusitatomysis insolita* (9,4%), а в октябре 2002 г. – аппендикулярий *Oikopleura sp.*, *O. labradoriensis*, *Fritillaria borealis* (17,3%).

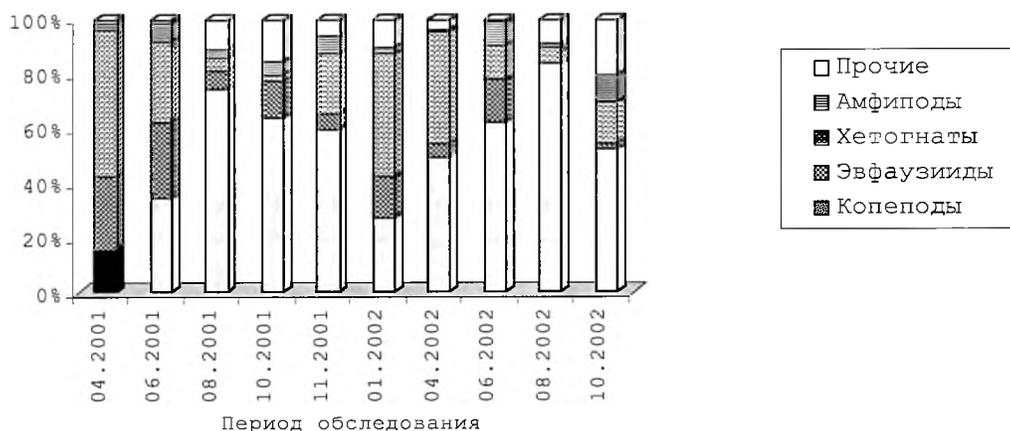


Рис. 2. Соотношение биомассы основных таксономических групп зоопланктона, зал. Анива, 2001–2002 гг.

По усредненным данным, структура зоопланктона характеризовалась доминированием веслоногих рачков (свыше 55% общей биомассы), среди которых преобладали холодноводные формы (53%). Около 22% общей биомассы формировали хетогнаты (*Sagitta elegans s. l.*). Пять видов эвфаузиид составляли около 10% биомассы всего зоопланктона, среди них доминировали холодноводные прибрежно-неритические рачки *Thysanoessa raschii* (84%); формы, характерные для более открытых вод, – холодноводные *Th. inermis*, *Th. longipes* и *Th. inspinata*, составили около 14% от биомассы всех эвфаузиид, на долю единственного умеренно-холодноводного вида *Euphausia pacifica* приходилось лишь 0,7% биомассы данной группы. Относительное содержание гипериид в среднем не превысило 4%, доминирующим явился вид *Themisto japonica*.

В целом, холодноводная группировка планктеров достигла 72% от общей биомассы, умеренно-холодноводная – около 20%, доля тепловодных представителей зоопланктона – менее 3%.

По типу питания преобладали планктеры, питающиеся преимущественно фитопланктоном, – около 42%, относительное содержание хищников – свыше 27%, эврифагов – 30,6% (табл. 3).

Почти 45% биомассы приходилось на долю крупной фракции планктона, в основном за счет щетинкочелюстных и эвфаузиид (табл. 4), 36% – представители средней, 19% – мелкой размерной фракции.

Средняя плотность планктеров составила 14200 экз./м³, биомасса – 673 мг/м³. Указанные величины значительно варьировались в сезонном аспекте: максимум численности наблюдался в августе 2002 г. – 26755 экз./м³, минимум – 1527 экз./м³ – был характерен для ранней весны (апрель) 2001 г.; наиболее высокая биомасса отмечена для летнего и осеннего периодов 2001 г. – 902–963 мг/м³, низкий уровень биомассы – 273–392 мг/м³ – наблюдался в июне 2001 и 2002 гг.

Таблица 3

**Соотношение биомассы различных групп зоопланктона
по типу питания в заливе Анива**

Период исследований	Группа					
	Фитофаги		Эврифаги		Зоофаги	
	мг/м ³	%	мг/м ³	%	мг/м ³	%
Апрель 2001 г.	62,32	12,98	146,34	30,48	271,44	56,54
Апрель 2002 г.	216,31	27,90	230,92	29,78	328,16	42,32
Июнь 2001 г.	81,43	30,72	91,38	34,47	92,29	34,81
Июнь 2002 г.	173,14	44,15	138,18	35,24	80,80	20,61
Август 2001 г.	420,17	49,14	349,61	40,88	85,34	9,98
Август 2002 г.	425,73	57,21	244,67	32,88	73,72	9,91
Октябрь 2001 г.	522,73	63,37	235,36	28,53	66,80	8,10
Октябрь 2002 г.	255,00	57,81	73,56	16,68	112,57	25,52
Ноябрь 2001 г.	470,23	49,11	204,72	21,38	282,48	29,50
Январь 2002 г.	138,44	17,20	285,81	35,51	380,66	47,29

Таблица 4

Соотношение биомассы размерных фракций зоопланктона в заливе Анива

Период исследований	Фракции					
	<1,2 мм		1,2–3,3 мм		>3,3 мм	
	мг/м ³	%	мг/м ³	%	мг/м ³	%
Апрель 2001 г.	9,33	1,94	47,42	9,88	423,37	88,18
Апрель 2002 г.	71,85	9,24	297,45	38,26	408,172	52,50
Июнь 2001 г.	14,13	5,17	44,26	16,21	214,72	78,62
Июнь 2002 г.	75,17	19,16	143,44	36,56	173,78	44,29
Август 2001 г.	226,67	25,11	424,94	47,08	250,94	27,80
Август 2002 г.	164,36	21,30	453,77	58,81	153,50	19,89
Октябрь 2001 г.	219,04	25,16	426,86	49,04	224,60	25,80
Октябрь 2002 г.	105,53	26,35	144,85	36,17	150,07	37,48
Ноябрь 2001 г.	212,20	22,40	355,63	37,54	379,60	40,06
Январь 2002 г.	130,62	16,92	61,09	7,91	580,18	75,17

При описании сезонных изменений в состоянии сообщества зоопланктона использованы границы гидрологических сезонов (Пищальник, Бобков, 2000), что вполне приемлемо с точки зрения В. Г. Богорова (1941). Особенности океанологической, синоптической обстановки и сезонные изменения состояния фитопланктона района исследований приведены в статьях Будаевой и др., Селиной и др. в настоящем сборнике.

Следует учесть, что периоды проведения съемок 2001 и 2002 гг. характеризовались весьма различными условиями среды обитания планктеров, а именно: пониженным радиационным прогревом, повышенным количеством осадков летом 2002 г., отрицательной аномалией температуры воды в августе 2001 г. и положительной аномалией в слое 0–50 м в ноябре 2001 г. и апреле 2002 г.

Кроме того, по результатам икорной съемки сотрудниками лаборатории прибрежных исследований СахНИРО весной 2002 г. отмечено резкое увеличение площади нерестилищ мойвы, количество выметанной икры более чем в 30 раз превысило данный показатель, рассчитанный для предыдущего, 2001 г.

Указанные особенности не могли не отразиться на состоянии зоопланктона района исследований. Учитывая это, использование осредненных данных при характеристике «сезонного» состояния зоопланктона следует считать нецелесообразным.

Весна. В апреле 2001 г. отмечены относительно холодные погодные условия и незначительная положительная аномалия температуры во всей водной толще на стандартном разрезе м. Анива – м. Анастасии, находящемся на южной границе залива. В апреле 2002 г. температура поверхностного слоя воды в южной части залива была значительно выше, чем в 2001 г., что, по определению океанологов, «является косвенным индикатором мягкой предшествующей зимы и относительно теплых погодных условий в ранневесенний период, сложившихся в условиях малой облачности и интенсивного радиационного прогрева».

В развитии фитопланктона в период апрель–июнь отмечены следующие различия: в 2001 г. весеннему и летнему пикам соответствовали более высокие значения численности, биомассы и более полный комплекс доминирующих видов, чем в 2002 г. (см. статью Селиной и др. в наст. сб.).

Для сообщества зоопланктона в апреле, т. е. в период, который следует отнести к ранневесеннему на данной акватории, отмечено доминирование щетинкочелюстных *Sagitta elegans* – 40–55% от общей биомассы (рис. 3). При этом общая биомасса и численность планктеров в 2002 г. были значительно выше, чем в 2001 г. за счет копепод (рис. 4): *Acartia longiremis* (CV–CVI), *Calanus glacialis* (CV–CVI), *Neocalanus cristatus* (CIV–CV), *Oithona similis* (CI–CVI), рода *Pseudocalanus* (CI–CVI); на более высоком уровне отмечена биомасса яиц и науплиев копепод (рис. 5). Несколько выше, чем в 2001 г., была биомасса щетинкочелюстных и мизид (см. рис. 3). В 2002 г. отмечено значительное снижение биомассы эвфаузиид на всех стадиях развития. Преднерестовые скопления *Thysanoessa raschii*, традиционно наблюдаемые к югу, юго-западу от центра залива и отмеченные в апреле 2001 г., в апреле 2002 г. не наблюдались. Они зарегистрированы в июне, но их биомасса значительно уступала многолетним показателям.

Перечисленные изменения в составе зоопланктона вызвали значительное снижение доли крупной фракции (см. табл. 4) – с 88 до 52%, и среднего размера планктонных животных – с 1,66 до 0,96 мм.

При этом в экологической структуре изменений не произошло – доля холодноводной группировки как в апреле 2001, так и в апреле 2002 г. отмечалась на максимально высоком уровне – 92,5–92,1% от общей биомассы (рис. 6). Однако следует учесть, что при этом биомасса данной группировки увеличилась более чем в 1,5 раза, в основном за счет увеличения биомассы холодноводных копепод (*Acartia longiremis*, *Pseudocalanus minutus* и *Ps. newmani*) и сагитт.

В отличие от абсолютных показателей, относительное содержание щетинкочелюстных в апреле 2002 г. снизилось (см. рис. 3). Видовой состав зоопланктона в апреле 2002 г. представлен значительно шире, что отразилось на значениях показателей, характеризующих сообщество зоопланктона залива (см. табл. 2). Если в апреле 2001 г. индекс доминирования имел максимальное значение – 0,359 (максимальное значение для десяти экспедиций), то в 2002 г. он был значительно ниже – 0,210. Однако, несмотря на увеличение видового разнообразия, основу планктона (от 93 до 96% общей биомассы) в апреле как 2001 г., так и 2002 г. формировали всего девять видов планктеров (см. рис. 3).

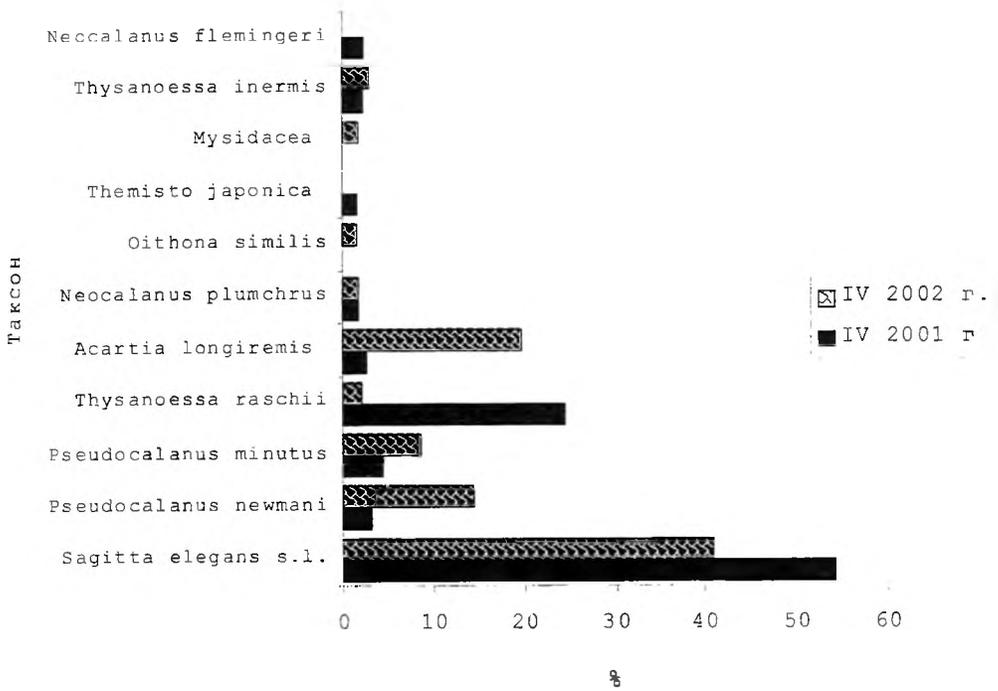


Рис. 3. Соотношение биомассы основных видов зоопланктона зал. Анива в апреле

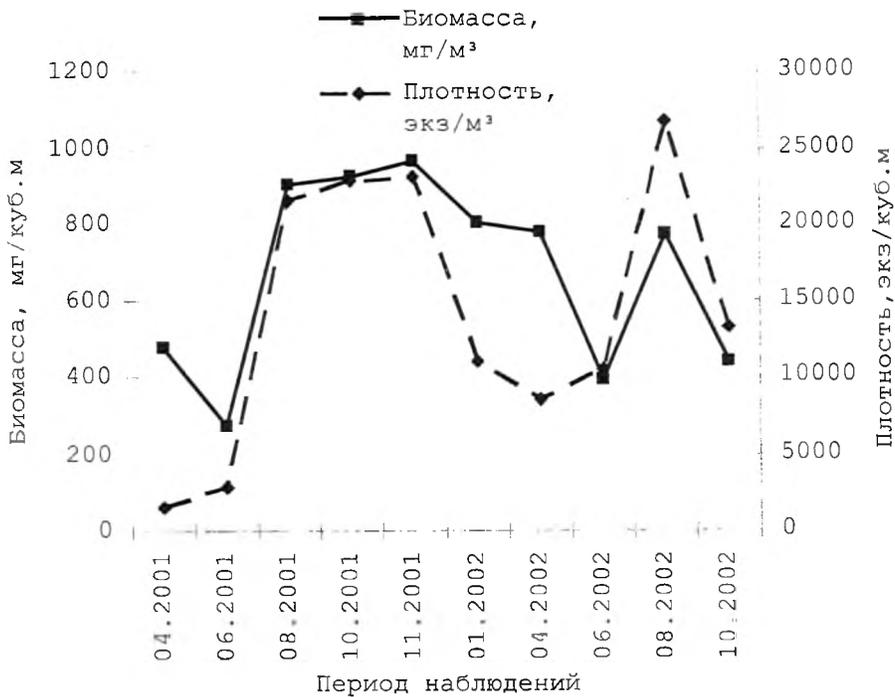


Рис. 4. Динамика общей биомассы и плотности зоопланктона, зал. Анива, 2001–2002 гг.

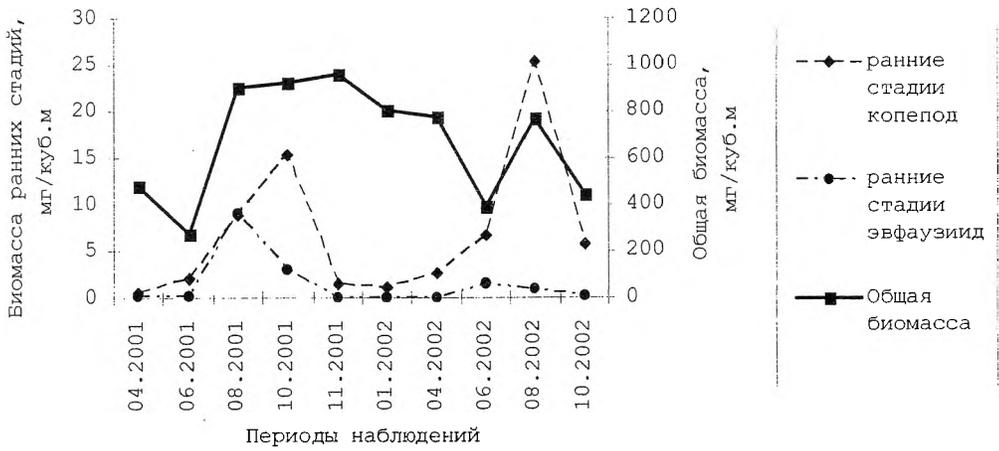


Рис. 5. Соотношение общей биомассы зоопланктона и ранних стадий развития копепод и эвфаузиид, зал. Анива, 2001–2002 гг.

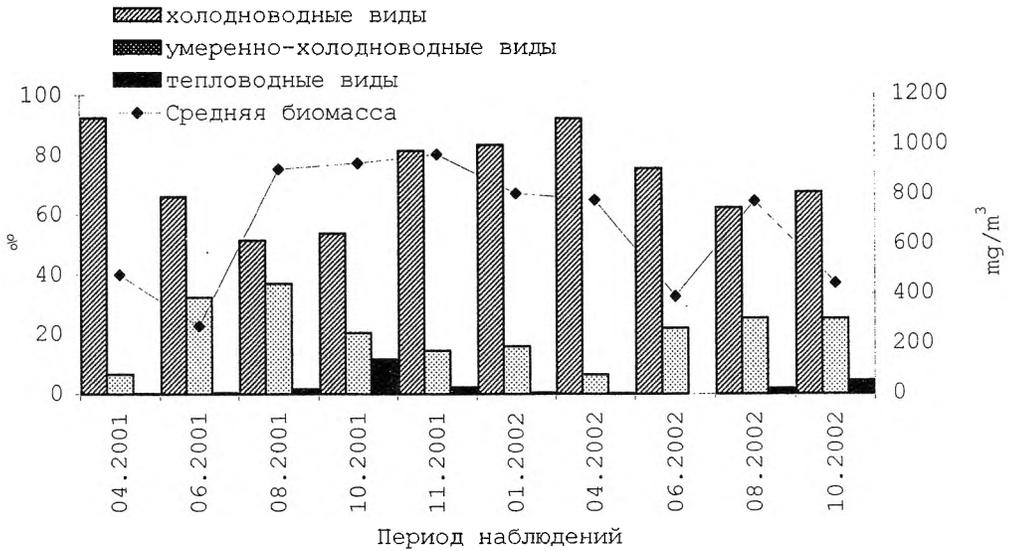


Рис. 6. Соотношение биомассы основных экологических группировок зоопланктона, зал. Анива, 2001–2002 гг.

В июне 2001 и 2002 гг. каких-либо значительных отклонений в океанологической обстановке не наблюдалось. В верхних слоях водной толщи отмечена незначительная положительная аномалия температуры воды.

Общая биомасса зоопланктона в период поздней весны снизилась по сравнению с апрелем того же года в 1,8–2,0 раза соответственно за счет планктеров крупной фракции. Значительные изменения в составе доминирующих видов (рис. 7), а именно: смена крупных планктеров – щетинкочелюстных *Sagitta elegans* и эвфаузиид *Thysanoessa raschii*, традиционно преобладающих по биомассе в весенний период и отмеченных в этом качестве весной 2001 г. мелкими и средними копеподами *Acartia longiremis* (апрель 2002 г.) и *Pseudocalanus minutus* и *Ps. newmani* (июнь 2002 г.), повлекли за собой повышение плотности планктеров (до 8600–10500 экз./м³) и увеличение доли средней фракции до 36–38% от общей биомассы.

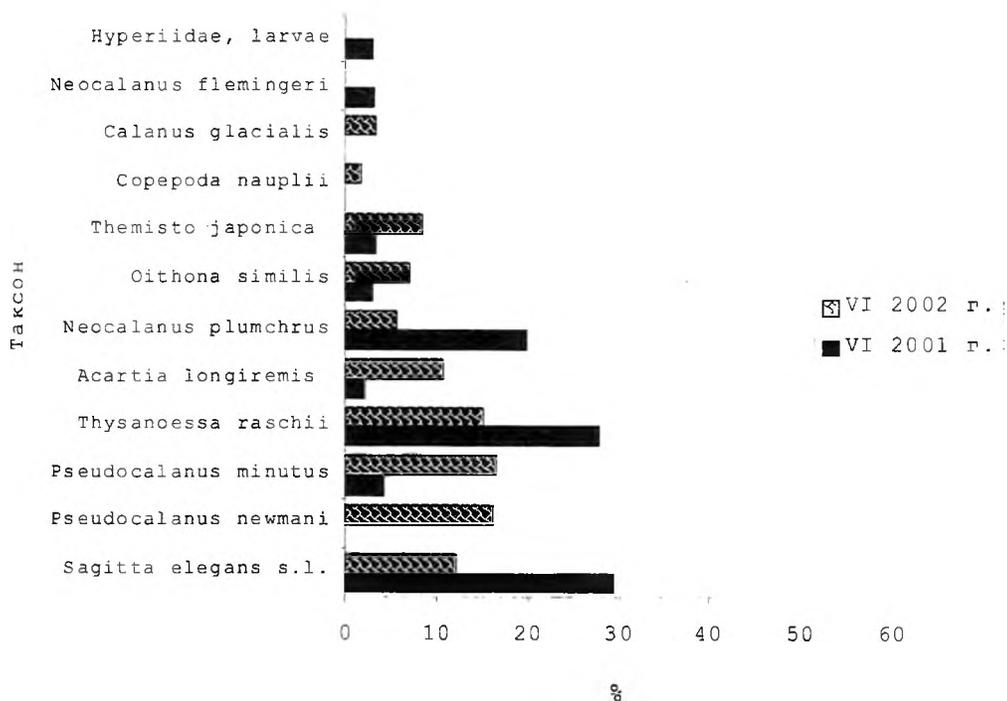


Рис. 7. Соотношение биомассы основных видов зоопланктона зал. Анива в июне

По соотношению биомассы различных экологических группировок июнь 2002 г. был значительно более «холодным», чем июнь 2001 г., что обусловлено замещением в структуре сообщества умеренно-холодноводного *Neocalanus plumchrus* (около 20% от общей биомассы в июне 2001 г.) вышеупомянутыми холодноводными копеподами вида *Pseudocalanus newmani* (см. рис. 7). Для июня 2002 г. рассчитан наиболее низкий показатель доминирования – 0,10, что при столь высокой – для весеннего периода – доли копепод (62,6%) и значительном видовом разнообразии (см. табл. 2, рис. 7) более характерно для осеннего состояния планктонного сообщества. В этот же период 2002 г. отмечена наиболее высокая за весенний период биомасса яиц, науплиев копепод и эвфаузиид (см. рис. 5).

По типу питания весной преобладали плотоядные планктеры, за исключением июня 2002 г., когда отмечено доминирование форм, питающихся преимущественно фитопланктоном (см. табл. 3).

Исходя из сходства станций по соотношению биомассы различных видов зоопланктона в апреле 2001 г., следует выделить три подрайона:

- центральная часть залива со скоплениями преднерестовых *Thysanoessa raschii*, на долю которых приходилось до 92% от общей биомассы, достигающей 2500 мг/м³ (рис. 8а);

- южная и восточная часть залива с более низкой биомассой зоопланктона (440–720 мг/м³) и преобладанием по биомассе *Sagitta elegans*, эвфаузиид *Th. raschii* и *Th. inermis*;

- северная и западная часть залива, где биомасса зоопланктона была значительно ниже (110–270 мг/м³) и доминировали *Sagitta elegans* и копеподы *Pseudocalanus minutus* и *Ps. newmani*.

В апреле 2002 г. наблюдалось более мозаичное распределение зоопланктона (рис. 8б):

- мелководье северо-восточной части залива, где были отмечены скопления неритического вида *Acartia longiremis*, его доля достигала 83% от общей биомассы (около 2500 мг/м³);

- центральная и юго-западная часть залива с биомассой планктеров свыше 1000 мг/м³ и превалированием по биомассе копепод *Ps. newmani* и *Acartia longiremis*;

- участок акватории, протянувшийся от бухты Лососей в юго-восточном направлении, где уловы на 72% состояли из сагитт и на 10% – из *Pseudocalanus minutus*, биомасса зоопланктона на этом участке в среднем превышала 2000 мг/м³;

- остальная часть залива со средней биомассой зоопланктона около 400 мг/м³, на 40% сформированная сагиттами и на 14% – копеподами *Ps. newmani*.

В июне 2001 г. при наиболее низкой биомассе зоопланктона за период 2001–2002 гг. (273 мг/м³) наблюдалось относительно равномерное распределение биомассы зоопланктона (рис. 8в):

- зона повышенной концентрации планктеров (750–940 мг/м³) протянулась с востока на запад, основу скоплений составляли щетинкочелюстные *Sagitta elegans s. l.*, эвфаузиевые рачки *Thysanoessa raschii* и копеподы *Neocalanus plumchrus*;

- на большей части акватории залива биомасса была значительно ниже (90–230 мг/м³), в уловах преобладали копеподы *Neocalanus plumchrus*. Исходя из схемы пространственного распространения этого вида и результатов исследований в проливе Лаперуза и сопредельной акватории в период 1995–1999 гг., следует предположить, что его распределение на акватории залива связано с активизацией апвеллинга у скалы Камень Опасности.

В июне 2002 г. средневзвешенная биомасса была примерно в полтора раза выше, чем в 2001 г., и в распределении планктонных животных в указанные периоды отмечены общие черты – максимум биомассы (990 мг/м³) наблюдался на участке акватории, расположенном к юго-западу от центра залива (рис. 8г), основные составляющие этих скоплений те же, что и в 2001 г., в том числе и эвфаузиевые рачки. На большей части акватории доминировали копеподы рода *Pseudocalanus*, образуя значительные концентрации (500–700 мг/м³) вдоль западного побережья залива, от бухты Лососей до м. Крильон.

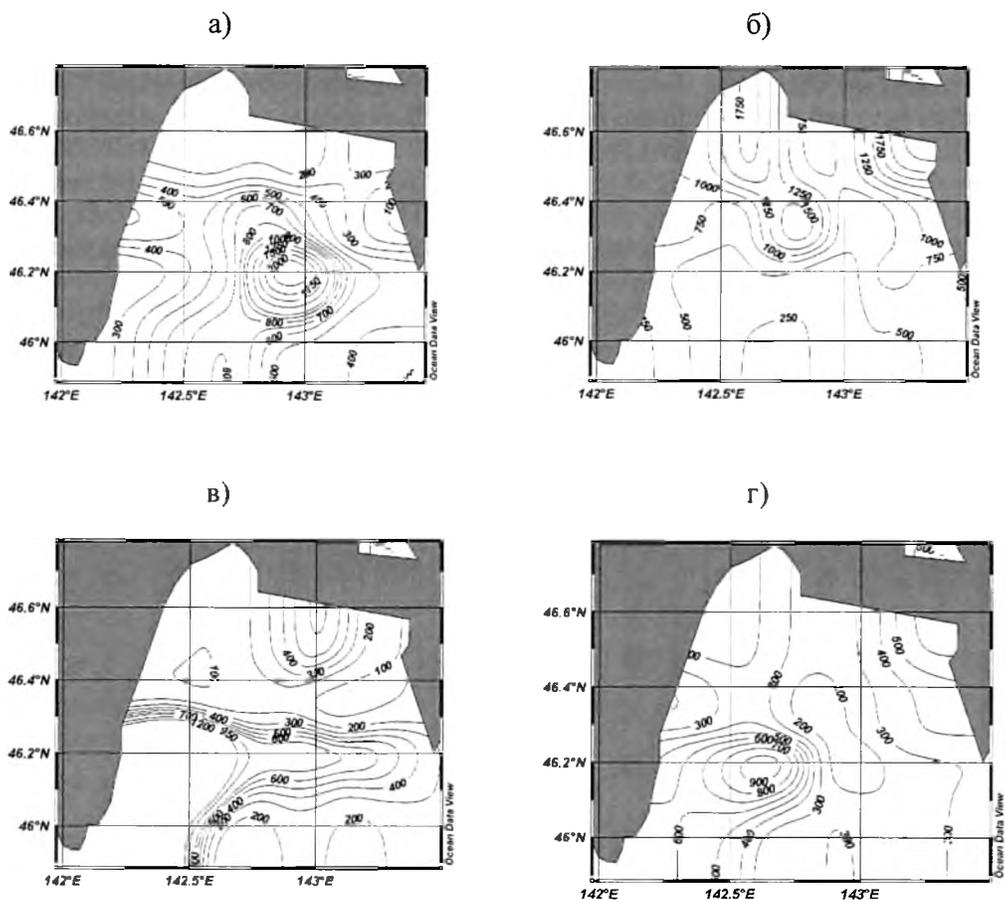


Рис. 8. Распределение биомассы зоопланктона ($мг/м^3$) зал. Анива: а) апрель 2001 г.; б) апрель 2002 г.; в) июнь 2001 г.; г) июнь 2002 г.

Следует отметить, что, по данным ранее проведенных исследований, для зал. Анива в весенний период характерно образование зон повышенной концентрации южнее, юго-западнее центральной части залива, вероятно, обусловленное действием антициклонического вихря A_1 .

Лето. Летний сезон в водах залива Анива наступает, предположительно, во второй половине июля и продолжается до конца сентября (Пищальник, Бобков, 2000).

По результатам океанологических исследований, в августе 2001 г. была отмечена отрицательная аномалия температуры воды, наиболее значимая в поверхностном 50-метровом слое. В августе 2002 г. отрицательная аномалия также наблюдалась на разрезе м. Анива – м. Анастасия, но она была локализована в поверхностном слое 0–20 м, а нижележащий слой характеризовался аномалией противоположного знака. Кроме того, как уже указывалось выше, для лета 2002 г. отмечены повышенная облачность, низкий уровень инсоляции, значительное распреснение вод залива обильными осадками и речным стоком.

Характерными особенностями зоопланктона залива в августе 2001 г. являлись высокое видовое разнообразие, повышенная биомасса – свыше 900 мг/м³, значительное увеличение численности за счет копепод средней и мелкой фракций, резкое снижение доли крупной фракции планктонных животных по сравнению с весенним периодом (см. рис. 4, табл. 4), минимальное процентное содержание холодноводных видов для данного периода наблюдений (см. рис. 6). В структуре зоопланктона (рис. 9) резко (до 21%) возросла доля неритических видов, среди которых по биомассе доминировали умеренно-холодноводные копеподы *Centropages abdominalis*. Эти копеподы отмечались в уловах на всей акватории залива, исключая юго-западную границу залива – участок проникновения модифицированных япономорских вод, но наиболее плотные скопления этих рачков были локализованы в северо-восточной мелководной части акватории исследований. Кроме копепод, максимума биомассы в августе 2001 г. достигли такие неритические формы, как кладоцеры (*Evadne nordmanni*, *Podon leuckarti*) и личинки десятиногих раков.

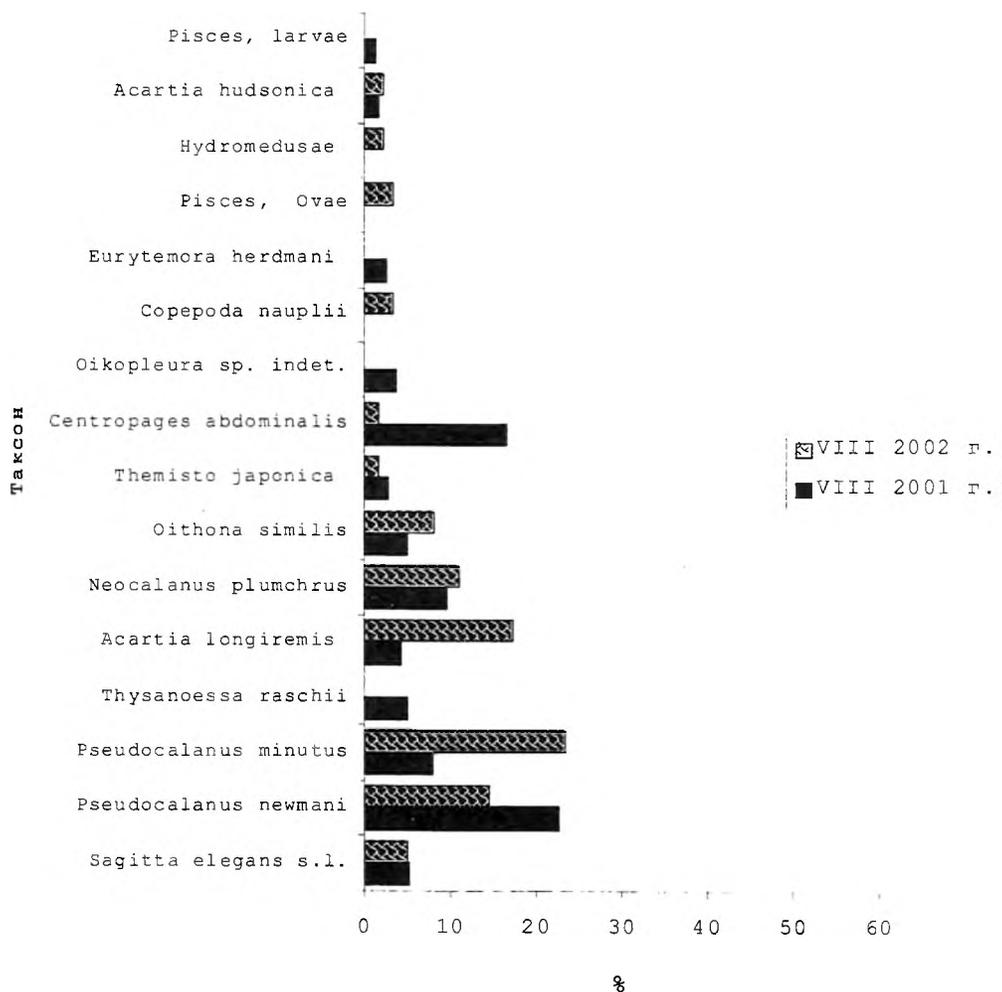


Рис. 9. Соотношение биомассы основных видов зоопланктона зал. Анива в августе

По сравнению с вышеуказанным периодом, в августе 2002 г. видовой состав был не столь разнообразен, биомасса – на уровне апреля 2002 г., относительная численность и биомасса ранних стадий копепод – максимально высокие для 2001–2002 гг. (см. рис. 5). В структуре зоопланктона при наиболее высоком уровне содержания копепод (83,6%) на самом низком уровне отмечено как абсолютное (153,8 мг/м³), так и относительное (19,9%) содержание крупных планктеров (см. табл. 4). Для летнего периода характерна максимальная биомасса ихтиопланктона (18–32 мг/м³), представленного, согласно полученным данным, в основном икрой, предличинками и личинками *Engraulis japonicus*.

Доля холодноводных видов была значительно выше, чем в августе 2001 г. (см. рис. 6), но абсолютные значения данного параметра для указанных двух лет находятся приблизительно на одном уровне (463–480 мг/м³). Среди неарктических видов отмечена смена доминирующего вида: в августе 2002 г. в условиях значительного распреснения и термического режима вод, близкого к норме, биомасса умеренно-холодноводного вида *Centropages abdominalis* снизилась в 11 раз по сравнению с предыдущим годом, и он в структуре зоопланктона был замещен холодноводным видом *Acartia longiremis* (см. рис. 9), биомасса которого по сравнению с 2001 г. возросла в четыре раза. При этом следует отметить, что количество умеренно-холодноводных копепод *Neocalanus plumchrus* отмечено на уровне августа 2001 г.

В августе 2001 г. на акватории залива выделено восемь подрайонов, характеризующихся сходной структурой зоопланктона и уровнем его биомассы, но наиболее высокие концентрации планктонных животных наблюдались на трех участках акватории, расположенных в северной части залива:

– северо-восточный мелководный участок со скоплениями неарктических копепод *Centropages abdominalis*, *Eurytemora herdmanni*, *Acartia hudsonica*; биомасса на данном участке акватории достигала 2200 мг/м³ (рис. 10а);

– северо-западное побережье, где биомасса составила в среднем 3535 мг/м³ при доминировании *Pseudocalanus minutus* и *Ps. newmani*;

– центральная часть мелководья залива, где в уловах преобладали копеподы *Ps. newmani* и *Centropages abdominalis*, обеспечивая до 72% от общей биомассы, равной 1515 мг/м³.

В августе 2002 г. на акватории залива по структуре и уровню биомассы выделялись три подрайона (рис. 10б):

– в северо-западной мелководной части залива концентрировались *Medusae*, *Oithona similis*, *Acartia hudsonica* и науплии копепод, это участок максимальной концентрации планктеров (1682 мг/м³);

– юго-западная часть залива, для которой характерен заток япономорских вод; биомасса этих скоплений – около 964 мг/м³; основные виды – *Acartia longiremis*, *Ps. minutus*, *Sagitta elegans* и *Neocalanus plumchrus*.

– центральная часть акватории, где отмечены скопления доминирующего в этот период комплекса видов (*Ps. minutus*, *Neocalanus plumchrus* и *Ps. newmani*, *Acartia longiremis*), на 64% формирующего общую биомассу зоопланктона (около 900 мг/м³).

Осень. В осенний период – в октябре 2001 и 2002 гг., на стандартном разрезе наблюдалась незначительная аномалия температуры и солёности. По результатам комплексных съемок, особенностью осеннего периода является проникновение на акваторию залива относительно распресненных вод Восточно-Сахалинского течения и, соответственно, планктеров шельфовой зоны восточного Сахалина.



Рис. 10. Распределение биомассы зоопланктона ($\text{мг}/\text{м}^3$) зал. Анива: а) август 2001 г.; б) август 2002 г.

В то же время отмечается насыщение видового состава тропическими и субтропическими формами зоопланктона, привносимыми в залив япономорскими водами. Основная биомасса фитопланктона в этот период наблюдалась в северной части залива, минимальные значения численности и биомассы микроводорослей отличали южную границу залива.

В октябре 2001 г., вопреки сложившимся представлениям о сезонной динамике основных характеристик кормовой базы рыб, наблюдался дальнейший рост биомассы зоопланктона и плотности (см. рис. 4). Снижение содержания копепод (до 64%) и щетинкочелюстных (до 2,7%) было компенсировано резким увеличением содержания эвфаузиид (рис. 11), в том числе за счет субдоминанты в структуре *Thysanoessa raschii* (13,5%) и амфипод *Themisto japonica* (4,5%). Кроме того, наряду с основными систематическими группами значительную роль в осенний период играли аппендикулярии (12,9%). Снижение биомассы сагитт повлекло за собой снижение доли крупной фракции по сравнению с августом того же года. Осенний нерест отмечен у копепод *Centropages abdominalis*, *Acartia longiremis*, *Pseudocalanus newmani*, *Ps. minutus*, *Calanus pacificus*.

В октябре возросла биомасса тепловодной группировки: *Mesocalanus tenuicornis* (СII–CVI), *Calanus pacificus* (СII–CVI), *Paracalanus parvus* (СII–CVI). Ее доля достигла 11,5% от общей биомассы (см. рис. 3). Высокое содержание представителей этой группировки отмечено как в северной мелководной части залива (43–44% от общей биомассы) за счет *Mesocalanus tenuicornis*, *Paracalanus parvus*, так и в юго-западной части акватории (20,5%), обусловленное, в основном, присутствием *Calanus pacificus*. Доля умеренно-холодноводных видов планктона уменьшилась за счет копепод *Neocalanus plumchrus* и *Centropages abdominalis*. Биомасса неритического комплекса, в целом, снизилась к октябрю в три раза. Биомасса холодноводных планктеров в августе 2001, 2002 гг. и октябре 2001 г. изменялась незначительно – в пределах 463–497 $\text{мг}/\text{м}^3$, что соответствовало наиболее низкому содержанию данной группировки (см. рис. 6).

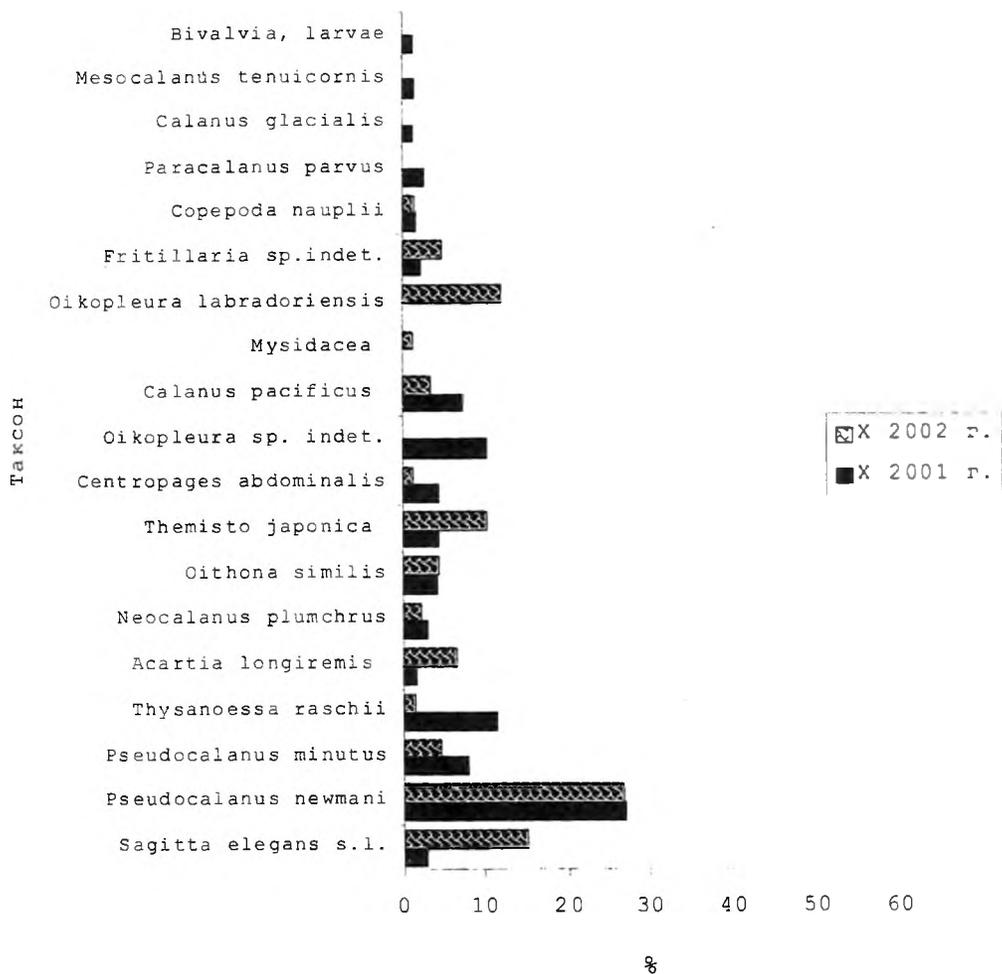


Рис. 11. Соотношение биомассы основных видов зоопланктона зал. Анива в октябре

В октябре 2002 г. основные показатели зоопланктона претерпевали иные сезонные изменения, чем в 2001 г.: плотность планктонных животных сократилась вдвое (до 13220 экз./м³), общая биомасса, также, как и биомасса науплиев и яиц копепод и эвфаузиид, по сравнению с августом того же года значительно уменьшились (443 и 5,82 мг/м³ соответственно), снизилось втрое содержание копепод, однако увеличилась биомасса сагитт, что наряду с возрастанием роли гипериид *Themisto japonica* обусловило резкое увеличение доли крупной фракции до 37,5% (см. табл. 4).

Но также, как и в 2001 г., в октябре 2002 г. в структуре зоопланктона было отмечено высокое содержание аппендикулярий – 17,30% (см. рис. 11).

Доля холодноводных видов в общей биомассе увеличилось на 5% по сравнению с августом 2002 г., но абсолютное значение этой группы животных снизилось в полтора раза за счет снижения биомассы *Calanus glacialis*, *Pseudocalanus minutus*, *Acartia longiremis* и отсутствия в уловах сифонофор *Dimophyes arctica*. По сравнению с летним периодом того же года содержание умеренно-холодноводных планктеров не изменилось. Доля тепловодных видов возросла более чем в два раза, что, однако, в абсолютном выражении со-

ставило $19,7 \text{ мг/м}^3$, т. е. в 5,5 раза ниже, чем в октябре 2001 г. Данная группировка видов была представлена, в основном, копеподами *Calanus pacificus*, биомасса его снизилась более чем в четыре раза по сравнению с 2001 г., но распространение этого вида и локализация скоплений были теми же.

Биомасса меропланктона (личинки декапод, двустворок, гастропод, иглокожих), достигавшая в октябре 2001 г. 20 мг/м^3 , снизилась в октябре 2002 г. почти до 4 мг/м^3 .

В распределении общей биомассы зоопланктона в октябре 2001 г. было отмечено образование зоны повышенной биомассы (до 2900 мг/м^3), на 73% сформированной за счет половозрелых эвфаузиид *Thysanoessa raschii*, что характерно для данной акватории в весенний период (рис. 12а). Науплии и калиптописы эвфаузиид были локализованы у западного побережья залива. Вдоль восточного и западного побережья наблюдались отдельные скопления зоопланктона биомассой около 900 мг/м^3 , доминирующей формой которых являлись аппендикулярии рода *Oikopleura*. Для большей части акватории залива было характерно преобладание копепод *Pseudocalanus newmani* при средней биомассе уловов $690\text{--}940 \text{ мг/м}^3$. На участке, расположенном к югу от бухты Лосошей, отмечены скопления повышенной концентрации *Ps. minutus*, биомасса зоопланктона на этой акватории – около 1800 мг/м^3 .

В октябре 2002 г. в восточной части залива мозаично располагались скопления, в структуре которых доминировали хетогнаты, формируя до 33% от общей биомассы, составлявшей в среднем 610 мг/м^3 (рис. 12б). В центральной части залива отмечены участки доминирования гипериид *Themisto japonica* при биомассе сетных уловов около 450 мг/м^3 . Аппендикулярии преобладали на северном мелководье, более чем на 50% составляя скопления планктеров биомассой свыше 945 мг/м^3 . На остальной акватории по биомассе доминировали копеподы *Pseudocalanus newmani*.

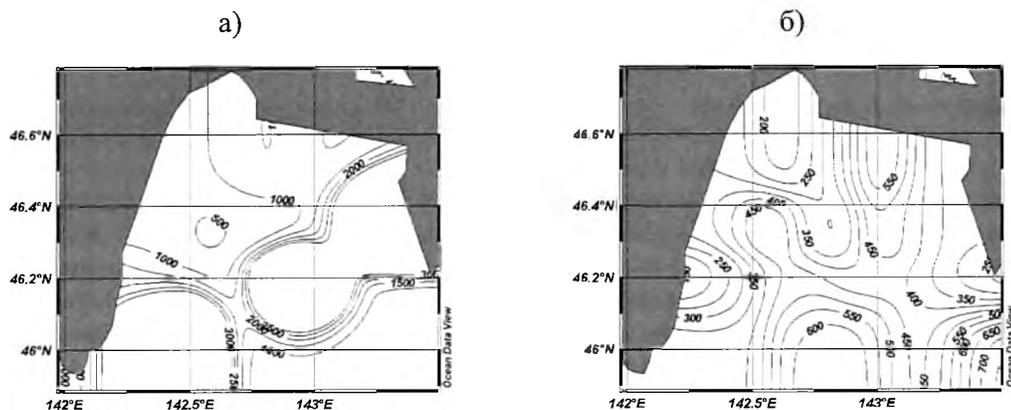


Рис. 12. Распределение биомассы зоопланктона (мг/м^3) зал. Анива: а) октябрь 2001 г.; б) октябрь 2002 г.

Съемка, проведенная в ноябре 2001 г. в условиях продолжающегося затока вод Восточно-Сахалинского течения на акваторию залива, значительной аномалии температуры воды слоя 0–50 м на южной границе залива, характеризовалась увеличением плотности фитопланктона, которое отмечалась, в основ-

ном, в северной части залива и было обусловлено массовым развитием диатомовых водорослей и дальнейшим возрастанием биомассы зоопланктона до ее максимального значения (для данной серии экспедиций) – 963 мг/м³ (см. рис. 4). Численность планктеров была также на достаточно высоком уровне – 23100 экз./м³, что соответствовало высокой биомассе копепод – 575 мг/м³. Наряду с этим отмечено увеличение на порядок биомассы щетинкочелюстных, определившее повышение доли крупной фракции планктона по сравнению с октябрём 2001 г. Биомасса и относительное содержание эвфаузиид в этот период отмечены на самом низком уровне для 2001 г. Биомасса гипериид – закономерно для предзимнего состояния зоопланктона – увеличилась до максимального значения – свыше 60 мг/м³ (см. рис. 2).

В структуре зоопланктона доминировали холодноводные планктеры, их биомасса была максимальна для 2001–2002 гг. – 784 мг/м³, хотя относительное содержание уступало весенним показателям (см. рис. 6). При этом для поздней осени 2001 г. отмечено резкое увеличение биомассы видов, более характерных для внешнего шельфа юго-восточного Сахалина (*Metridia okhotensis*, *M. pacifica*, *Epilabidocera amphitrites*, *Eurytemora herdmani*), что, вероятно, было обусловлено увеличением залива охотоморских вод (рис. 13).

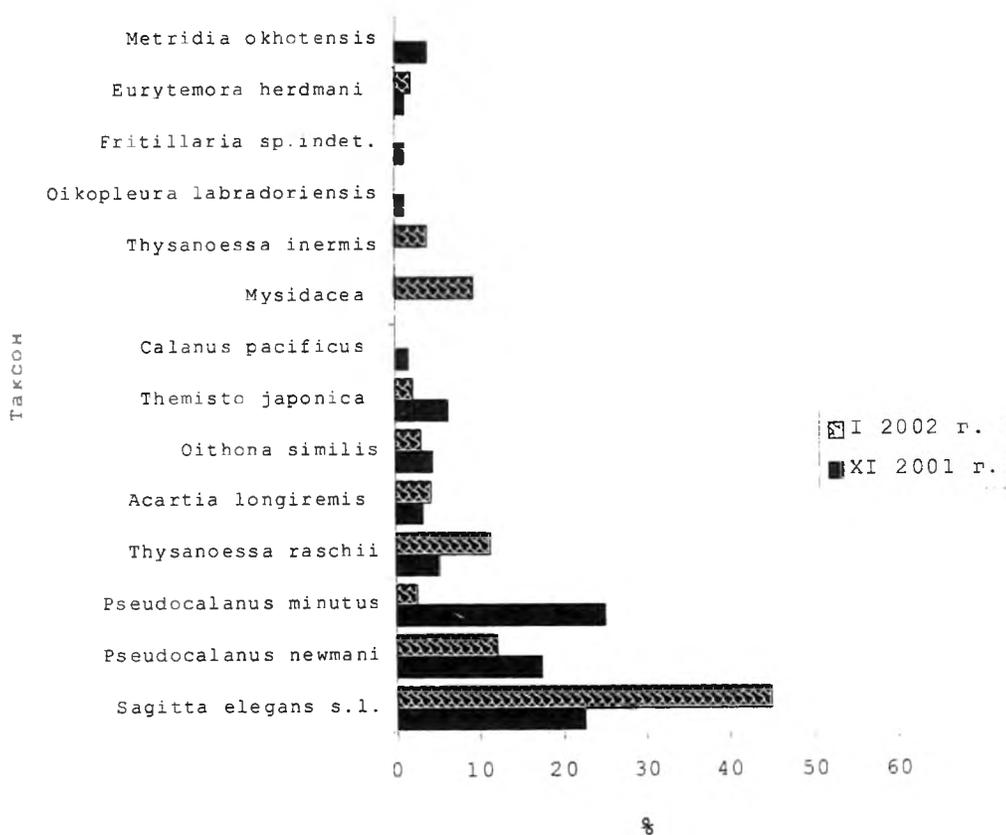


Рис. 13. Соотношение биомассы основных видов зоопланктона зал. Анива в ноябре 2001 г. и январе 2002 г.

Доля тепловодных видов, среди которых отмечены *Eucalanus attenuatus* и *Corycaeus affinis*, была выше, чем в августе этого же года. Абсолютное значение уступало лишь максимальному, рассчитанному для октября 2001 г. (см. рис. 6).

Наиболее высок в этот период и показатель агрегированности планктонных животных – 2,11 (см. рис. 2), что обусловлено распределением биомассы зоопланктона, при котором на акватории залива отмечено два узколокальных скопления: в северо-восточной части при доминировании *Ps. minutus* (88%) и биомассе около 5800 мг/м³ и у юго-восточного побережья при доминировании тех же копепод, но биомассе – не выше 1250 мг/м³ (рис. 14). В центральной и южной части скопления биомассой выше 900 мг/м³ формировались, в основном, хетогнатами. В западной части залива биомасса зоопланктона была значительно ниже (до 600 мг/м³), и его структура близка к структуре зоопланктона, рассчитанной для ноября 2001 г. в целом по заливу.

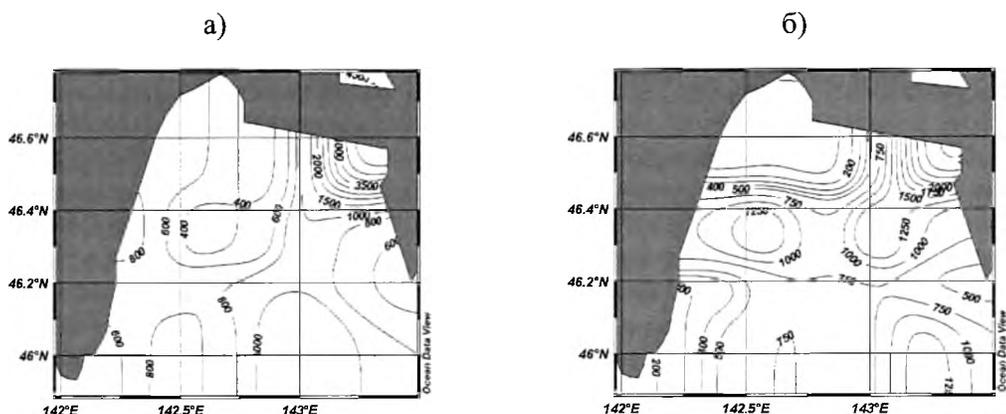


Рис. 14. Распределение биомассы зоопланктона (мг/м³) зал. Анива: а) ноябрь 2001 г.; б) январь 2002 г.

Результаты исследований, полученные в январе 2002 г., позволили океанологам установить, что к этому периоду зимний муссон уже привел к гомогенизации антициклонической циркуляции в заливе, система циркуляции вод зал. Анива определена ими как слабо динамичная, за исключением придонных слоев в западной части залива, где создаются условия для интрузионных затоков вод япономорского происхождения. Наблюдения в зимний период на акватории залива Анива аналогов не имеют, поэтому аномалии температуры и солености воды на южном разрезе не рассчитаны. Численность и биомасса фитопланктона на всей акватории залива в этот период были отмечены на невысоком уровне, максимумы численности и биомассы наблюдались в северо-западной и центральной части залива, а минимумы этих показателей – у западного берега залива. Повсеместно доминировали диатомовые водоросли.

По ряду показателей состояние зоопланктона залива в этот период года в большей степени было сходно с таковым в апреле 2001 г., а именно: низкий показатель выровненности общей биомассы между видами и общего видового разнообразия, обусловленные высокой биомассой щетинкочелюстных *Sagitta elegans* (362 мг/м³ – максимальное значение в рамках проведенной серии наблюдений), значительная доля этой группы в общей биомассе и, со-

ответственно, превалирование крупной фракции, высокое содержание эвфаузиид *Thysanoessa raschii* и копепод *Pseudocalanus newmani* (см. рис. 13). Численность на уровне апреля 2002 г. – около 11000 экз./м³, средняя биомасса – 805 мг/м³, уступающая лишь пиковым значениям, определенным для периода август–ноябрь 2001 г., значительное содержание мизид (79 мг/м³) также характеризуют состояние зоопланктона зал. Анива в зимний период 2002 г. (см. рис. 4, 5, 13).

Столь высокая биомасса хетогнат определила и максимальное значение биомассы плотоядных животных, и ее высокое процентное содержание в общей биомассе зоопланктона (см. рис. 2, табл. 3).

Относительное содержание холодноводной фауны в январе было ниже, чем в апреле 2001 и 2002 гг. Абсолютный показатель этой экологической группировки отмечен, кроме того, на более низком уровне, чем в ноябре 2001 г. (см. рис. 6). Тепловодная группировка была представлена в январе семью видами, отмеченными на протяжении данного периода исследований и относящимися, в основном, к южно-бореальной группировке. Биомасса комплекса этих видов – 3,5 мг/м³, т. е. выше, чем в апреле и июне 2001–2002 гг.

Распределение общей биомассы зоопланктона в январе 2002 г. носило более сложный характер, чем в ноябре 2001 г. (см. рис. 14). Северо-восточная часть залива – зона доминирования *Sagitta elegans* и разнообразных мизид, биомасса скоплений достигала 3200 мг/м³. В восточной и юго-восточной части акватории наблюдалась повышенная концентрация (1705–2105 мг/м³) столь же крупных планктеров: *Thysanoessa raschii*, *Sagitta elegans*, *Th. inermis*. На южной границе и в центре залива были отмечены скопления планктеров, характеризующиеся пониженными значениями биомассы и состоящими на 60% из хетогнат и на 25% из копепод рода *Pseudocalanus*. Западная часть залива отличалась от сопредельных подрайонов относительно низким содержанием планктонных животных (в среднем 220 мг/м³), но и здесь преобладали щетинкочелюстные и копеподы *Pseudocalanus newmani*, *Acartia longiremis*.

ОБСУЖДЕНИЕ

Данные, полученные в результате проведенной серии экспедиций в заливе Анива, в значительной мере расширили представление о видовом составе зоопланктона и сезонных изменениях в его структуре. Так, по нашим данным, видовой состав зоопланктона насчитывает более 100 видов – в два–три раза больше, чем было описано ранее для этого района (Пономарева, 1961; Федотова, 1982).

Ранее предпринятые попытки изучения состояния кормовой базы ограничивались съемками в весенний и осенний период, результаты этих наблюдений позволили предположить, что пик биомассы зоопланктона приходится на весенний период (Bragina, 1999). Так, по результатам съемок 1987–1995 гг., биомасса зоопланктона весной существенно изменялась (от 392 до 2055 мг/м³) и в среднем составляла 1152,2 мг/м³. По биомассе преобладали планктеры крупной фракции (до 89,9%) и холодноводной группировки (от 70,2 до 97,4% от общей биомассы). Столь высокие значения общей биомассы, отмеченные в предыдущие годы весной, определялись доминированием эвфаузиид *Thysanoessa raschii* (в аномально холодные периоды – *Thysanoessa inermis*), а также щетинкочелюстных *Sagitta elegans* (Bragina, 2003). Скопления сагитт, как правило, не были приурочены к какому-либо участку акватории залива. Зона наиболь-

шей плотности эвфаузиид *Thysanoessa raschii*, напротив, была локализована на участке акватории залива с низкими значениями температуры придонного слоя воды – от -2 до 0°C , о чем и ранее сообщалось в работах Н. А. Федотовой (1982) и Р. К. Сафроновой (1984). Принимая во внимание результаты, полученные океанологами, следует предположить, что зона наиболее плотных скоплений эвфаузиид *Thysanoessa raschii* отмечается в периоды, когда антициклонический вихрь в южной части залива наиболее выражен (характеризуется значительной динамической высотой, но относительно малым диаметром, более того – отмечается в виде структуры с двумя ядрами, разделенными зоной подъема глубинных вод) и пространственно совпадает с северной периферией данной составляющей динамической структуры залива Анива.

Наблюдения 2001–2002 гг. подтвердили ранее полученные результаты: скопления особей *Thysanoessa raschii* наблюдались в апреле и июне на участках акватории залива с температурой воды у дна от $-0,5$ до -1°C . При этом концентрация эвфаузиид в апреле 2001 г. (2300 мг/м^3) была максимальной для серии наблюдений и отмечалась при отрицательной температуре не только у дна, но и у поверхности (от $-0,2$ до $-0,4^{\circ}\text{C}$). Биомасса эвфаузиид *Thysanoessa raschii* и их ранних стадий весной 2001 г. превысила данные показатели, отмеченные в 2002 г., соответственно в 3,5 и пять раз.

Полученные за период 2001–2002 гг. результаты свидетельствуют о более низких значениях общей биомассы зоопланктона в весенний период – $273\text{--}777 \text{ мг/м}^3$. В размерной структуре отмечены изменения: крупные планктеры, как и ранее, преобладали, но доля их снизилась, особенно в весенний период 2002 г., за счет высокого содержания содержания копепод *Acartia longiremis*, *Pseudocalanus minutus* и *Ps. newmani*.

Сравнивая данные двух периодов наблюдений (1987–1995 и 2001–2002 гг.), следует отметить, что наблюдаемое снижение биомассы зоопланктона в весенний период обусловлено установленным снижением биомассы щетинко-челюстных в два раза, а эвфаузиид *Thysanoessa raschii* – в восемь раз. Замещение в структуре таких крупных холодноводных форм зоопланктона средними и мелкими копеподами той же экологической группировки, наряду с применением коэффициента уловистости сетей Джели, значительно снижает уровень рассчитываемой биомассы зоопланктона.

В осенний период, согласно результатам исследований 1987–1995 гг., колебания общей биомассы отмечались в диапазоне $355\text{--}1313 \text{ мг/м}^3$, их среднее значение было равно $586,8 \text{ мг/м}^3$ (Bragina, 1999). Осенью, как правило, превалировала средняя фракция планктонных животных (до $65,8\%$). В экологической структуре отмечалось доминирование холодноводных видов ($52,9\text{--}72\%$). Исключением явились результаты наблюдений, проведенных в октябре 1994 г., в период, который, по данным ГМС Новиково, характеризовался максимальными значениями температуры воды за период с 1952 г. Содержание умеренно-холодноводных видов достигало в этот период $59,5\%$ при доминировании в структуре зоопланктона копепод *Centropages abdominalis* ($20,5\%$ от общей биомассы).

Полученные за период 2001–2002 гг. осенние показатели общей биомассы – $444\text{--}964 \text{ мг/м}^3$, находятся в пределах, ранее наблюдаемых. Изменения в размерной структуре зоопланктона, по сравнению с результатами прежних исследований, заключаются в увеличении доли крупных планктеров – таких, как *Sagitta elegans s. l.* и *Thysanoessa raschii*, что связано с более поздними сроками проведения наблюдений, для которых характерно сезонное изменение видового-

го состава планктонных животных, усилением влияния антициклонической циркуляции на южной границе залива и, как следствие, усилением пространственной неоднородности в распределении общей биомассы планктонов.

Отличительной чертой осеннего периода в зал. Анива и на сопредельных акваториях является увеличение биомассы тепловодной группировки как за счет южно-бореальных, так и за счет субтропических и тропических видов. В 2002 г. этот процесс был слабо выражен. Результаты исследований зоопланктона южной части Татарского пролива, пролива Лаперуза и южной глубоководной части Охотского моря позволяют сделать предположение о наличии перераспределения объема потока Цусимского течения в отдельные годы в восточном и северном направлении, по крайней мере, в период ноябрь–декабрь. Преимущественное распределение потока на восток может быть косвенно доказано присутствием значительного количества субтропических и тропических видов зоопланктона на южной границе залива Анива и восточнее, на стандартном разрезе м. Анива – м. Докучаева. По неопубликованным данным автора, осенью 2002 г. на юге Татарского пролива (стандартный разрез м. Слепиковского – м. Золотой) отмечалась относительно высокая биомасса видов тепловодной группировки – около 8%, что в определенной мере объясняет их отсутствие на акватории залива Анива. Отмеченное на уровне 4,4% относительное содержание тепловодной группировки было обусловлено присутствием южно-бореальных видов, которые отмечаются в зоопланктоне залива начиная с июня.

Соотношение биомассы экологических группировок зоопланктона в октябре 2001 г. в значительной степени характерно для периода «теплых» лет (например, 1990 г.), которые характеризуются активностью системы теплых течений и высоким уровнем инсоляции. Этот же показатель, рассчитанный по результатам наблюдений в октябре 2002 г., наряду с видовой структурой зоопланктона, свидетельствует о низком уровне инсоляции в период развития летне-осеннего неритического комплекса планктонов и значительной активности процессов, обуславливающих перераспределение значительной массы зоопланктона сопредельной части Японского моря посредством Западно-Сахалинского течения в проливе Лаперуза в период июнь–август. Кроме увеличения доли тепловодной группировки, для осеннего сезона в развитии зоопланктона, как и для летнего, были отмечены высокая численность и биомасса планктонных животных, наибольшая выровненность в распределении биомассы между видами, максимальное видовое разнообразие.

Биологические показатели зоопланктона в ноябре 2001 г. в значительной мере схожи с показателями «зимнего» состояния, которое, по данным единственной съемки, проведенной в январе, можно охарактеризовать как переходное между стабильным, зрелым состоянием сообщества в осенний период (наряду с высокой продуктивностью) к «экстремальному» состоянию в ранневесенний период, для которого характерны низкие показатели биомассы, общего видового разнообразия, высокие показатели доминирования, содержания холодноводной фауны и значительное количество плотоядных планктонов.

Из соотношения биомассы различных экологических группировок следует, что в период 2001–2002 гг. преобладала, исключительно, группировка холодноводных видов. Весной, поздней осенью (ноябрь) и зимой ее содержание колебалось в пределах 81–93%, летом и осенью этот показатель варьировался от 51 до 67%. Сравнивая экологическую структуру зоопланктона в 2001 и 2002 гг. по результатам восьми «парных» съемок, следует отметить, что 2001 г.,

несмотря на наличие значительной отрицательной аномалии температуры воды, зарегистрированной на южной границе залива в августе, был, по осредненным оценкам, значительно «теплее», чем 2002 г. Более того, биомасса зоопланктона в 2001 г. была выше, чем в 2002 г. (620,2 и 588,5 мг/м³ соответственно). Результаты исследований, проведенных летом, позволили оценить роль неритического комплекса копепод, в значительной мере определяющего высокий уровень продуктивности зоопланктона залива. Именно в летний период различия в состоянии планктонного сообщества в 2001 и 2002 гг. были наиболее выражены. Так, в условиях «нормального» уровня инсоляции в 2001 г. наблюдалось успешное развитие умеренно-холодноводной группировки неритического комплекса видов, которая наряду с крупными верхне-интерзональными и поверхностными копеподами, распространяющимися с сопредельной акватории пролива Лаперуза, обеспечивала высокий уровень биомассы зоопланктона. Летом 2002 г. при неблагоприятных синоптических условиях, следствием чего явились снижение уровня инсоляции и значительное распреснение вод залива, произошла смена неритических видов умеренно-холодноводной группировки на неритические виды холодноводного комплекса, что не отразилось на уровне биомассы копепод, привносимых из южной части пролива Лаперуза.

Таким образом, состояние зоопланктона летом определялось резким увеличением биомассы за счет неритических видов, «подпитки» из сопредельного района посредством апвеллинга у южной границы залива, максимальной численностью планктеров и наиболее высокими значениями биомассы ранних стадий развития копепод и эвфаузиид. В размерной структуре доминировали планктеры средней фракции. Доля копепод в это время была наиболее высока и достигала 87%. Видовая структура в летний период характеризовалась наиболее высоким показателем общего видового разнообразия, но при условии «нормального» уровня инсоляции. При неблагоприятных условиях, как в 2002 г., наиболее устойчивое состояние сообщества наблюдалось позже, в октябре.

Развитие умеренно-холодноводной группировки видов неритического комплекса в августе 2001 г. наблюдалось в условиях отрицательной аномалии температуры воды в глубоководной части залива. Поиск взаимосвязи на столь коротком ряде данных позволил установить, что между уровнем общей биомассы зоопланктона и аномалией температуры воды в различных слоях водной толщи значимой связи нет. Отрицательная корреляция ($r = -0,68, -0,77$) прослеживается между величиной биомассы умеренно-холодноводной группировки зоопланктона и аномалией температуры в слоях 0–50, 0–100 м соответственно. Сходный уровень связи отмечен и между биомассой неритического комплекса планктеров и аномалией температуры в слое 0–100 м.

По результатам исследований сотрудников лаборатории биологической океанографии СахНИРО в южной части пролива Лаперуза (1995–1999 гг.) был сделан вывод, что повышение биомассы зоопланктона на разрезе м. Анива – м. Анастасии (S2) совпадает с периодами, характеризующимися увеличением расхода северной компоненты течений (Кантаков, 2000; Брагина, 2002). Данные, полученные в 2001–2002 гг., такой связи обнаружить не позволили, но значимый коэффициент корреляции определен между биомассой тепловодной группировки и расходом северной компоненты ($r = 0,92$), между биомассой этой же группировки и балансом расхода геострофических течений ($r = 0,92$), а также между показателем агрегированности зоопланктона и расходом северной компоненты ($r = -0,602$), тем же показателем и расходом южной компоненты ($r = 0,749$).

В 2001–2002 гг. в трофической структуре зоопланктона в период с июня по ноябрь отмечено доминирование планктонных животных, питающихся преимущественно микроводорослями (44–63%), зимой и ранней весной доминировала группировка плотоядных планктеров (34–56%). При этом следует отметить, что, несмотря на более низкие продукционные показатели и бедность видового состава фитопланктона в 2002 г. по сравнению с 2001 г., биомасса и относительное содержание фитофагов в 2001 и 2002 гг., в среднем, имели весьма близкие значения (272–268 мг/м³, 44,8–45,5% соответственно).

ВЫВОДЫ

1. Фауна планктона представлена 104 формами различного таксономического ранга. Среди планктеров по биомассе в период с июня по ноябрь доминировали бореальные (57–84%), а в период с января по апрель – аркто-бореальные виды (51–84%).

2. По численности в течение всего года преобладали копеподы *Oithona similis* и *Pseudocalanus newmani*. По биомассе доминировали щетинкочелюстные *Sagitta elegans*, копеподы *Pseudocalanus minutus*, *Ps. newmani*, эвфаузииды *Thysanoessa raschii*.

3. По данным 2001–2002 гг., свыше 55% общей биомассы приходилось на долю веслоногих рачков.

4. Содержание холодноводной группировки варьировалось от 51,3% летом до 92,6% весной.

5. В трофической структуре преобладание группы фильтраторов-эврифагов, предпочитающих растительную пищу (44–63%), отмечено в летне-осенний период. Плотоядные планктеры преобладали в зимний и весенний период (34–56%).

6. Снижение биомассы в весенний период произошло за счет замещения крупных холодноводных планктонных животных мелкими и средними копеподами той же экологической группировки.

7. Пик численности отмечен в августе 2002 г., пик биомассы – в ноябре 2001 г. Минимальные значения данных показателей характеризовали зоопланктон в июне 2001 г.

8. Установлена связь между значением биомассы тепловодной группировки и расходом северной компоненты геострофических течений ($r=0,92$), биомассы этой же группировки и балансом расхода геострофических течений ($r=0,919$), а также степенью агрегированности зоопланктона и расходом северной компоненты ($r=-0,602$), того же показателя и расходом южной компоненты ($r=0,749$).

9. Полученные данные и рассчитанные на их основе показатели структуры сообщества зоопланктона зал. Анива позволяют предположить, что наибольшей стабилизации сообщество зоопланктона залива достигает в августе–октябре.

10. Учитывая особенности акватории исследований и тенденцию к повышению температуры поверхности вод залива (по данным ГМС за период 1951–1999 гг. и спутниковым данным по ТПО, полученным с помощью системы TeraScan), факторами увеличения продуктивности сообщества зоопланктона и стабилизации его структуры следует считать: а) развитие неритического комплекса копепод в условиях «несниженного» уровня инсоляции и б) активизацию апвеллинга у южной границы залива в период июнь–август.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Арашкевич, Е. Г.** Характер питания копепод северо-западной части Тихого океана / Е. Г. Арашкевич // Океанология. – 1969. – Т. IX, вып. 5. – С. 857–873.
2. **Арашкевич, Е. Г.** Некоторые характеристики питания копепод / Е. Г. Арашкевич // Тр. ИО АН СССР. – 1978. – Т. 112. – С. 118–121.
3. **Беклемишев, К. В.** Питание некоторых массовых планктонных копепод в дальневосточных морях / К. В. Беклемишев // Зоол. журн. – 1954. – Т. XXXIII, вып. 6. – С. 1210–1230.
4. **Богоров, В. Г.** Биологические сезоны в планктоне различных морей / В. Г. Богоров // Докл. АН СССР. – 1941. – Т. 31, № 4. – С. 403–406.
5. **Брагина, И. Ю.** Сезонная характеристика зоопланктона вод Сахалина / И. Ю. Брагина // Биол. ресурсы шельфа, их рац. использ. и охрана : Тез. докл. Четвертой рег. конф. молодых ученых и специалистов Дальнего Востока (23–25 окт. 1989 г.). – Владивосток, 1989. – С. 14–15.
6. **Брагина, И. Ю.** Сезонная и межгодовая изменчивость зоопланктона по результатам исследований 1995–1999 гг. в проливе Лаперуза (Соя) и прилежащих водах / И. Ю. Брагина // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сах.-Курил. регионе и сопред. акваториях : Тр. СахНИРО. – Ю-Сах. : СахНИРО, 2002. – Т. 4. – С. 48–69.
7. **Волков, А. Ф.** Количественные показатели кормовой базы рыб эпипелагиали Охотского моря в зимний период / А. Ф. Волков // Комплекс. исслед. экосистемы Охотского моря. – М. : Изд-во ВНИРО, 1997. – С. 216–219.
8. **Вышкварцева, Н. В.** Функциональная морфология ротовых конечностей видов *Calanus S. L.* (Copepoda, Calanoida). Функционирование ротового комплекса и питание калянусов / Н. В. Вышкварцева // Экология мор. планктона : Сб. науч. работ. – Л. : Наука, 1977. – Вып. 19 (27). – С. 5–28. – (Сер.: Исслед. фауны морей. Т. XIX (XXVII)).
9. **Гейнрих, А. К.** О фильтрующей способности копепод boreальной и тропической областей Тихого океана / А. К. Гейнрих // Тр. ИО АН СССР. – 1963. – Т. LXXI. – С. 60–71.
10. **География** и мониторинг биоразнообразия. – М. : Изд-во НУМЦ, 2002. – 432 с. – (Сер. учеб. пособий «Сохранение биоразнообразия»).
11. **Инструкция** по обработке проб планктона счетным методом. – Иркутск, 1978. – 44 с.
12. **Кантаков, Г. А.** Влияние океанологического режима вод на второй трофический уровень морских экосистем Сахалино-Курильского региона : Дис. ... канд. геогр. наук / Г. А. Кантаков; РГГМУ. – Ю-Сах. : СахНИРО, 2000. – 170 с.
13. **Кондратьева, Т. А.** Морфоэкологические группы морских планктонных калянусов (Crustacea, Copepoda, Calanoida): оппортунисты (часть) и хвататели / **Т. А. Кондратьева, Г. И. Савельев.** – Казань, 2003а. – 20 с. – Деп. в ВИНТИ, № 429-B2003.
14. **Кондратьева, Т. А.** Морфоэкологические группы морских планктонных калянусов (Crustacea, Copepoda, Calanoida): фильтраторы и оппортунисты (часть) / **Т. А. Кондратьева, Г. И. Савельев.** – Казань, 2003б. – 30 с. – Деп. в ВИНТИ, № 430-B2003.
15. **Кондратьева, Т. А.** Эволюция челюстного аппарата морских планктонных калянусов (Crustacea, Copepoda, Calanoida) / **Т. А. Кондратьева, Г. И. Савельев.** – Казань, 2003в. – 25 с. – Деп. в ВИНТИ, № 431-B2003.
16. **Косихина, О. В.** Исследование питания Chaetognatha / О. В. Косихина // Экология моря. – 1982. – Вып. 11. – С. 79–83.
17. **Кун, М. С.** Зоопланктон дальневосточных морей / М. С. Кун. – М. : Пищ. пром-ть, 1975. – 150 с.
18. **Лубны-Герцык, Е. А.** Весовая характеристика основных представителей зоопланктона Охотского и Берингова морей / Е. А. Лубны-Герцык // Докл. АН СССР. – 1953 – Т. ХС1, № 4. – С. 949–952.
19. **Микулич, Л. В.** Весовая характеристика некоторых зоопланктеров Японского моря / **Л. В. Микулич, Н. А. Родионов** // Гидробиол. исслед. в Японском море и Тихом океане : Тр. ТОИ ДВНЦ АН СССР. – 1975. – Т. 9. – С. 75–87.
20. **Одум, Ю.** Основы экологии : [Пер. с 3-го англ. изд.] / Ю. Одум. – М. : Изд-во «Мир», 1975. – 742 с.

21. **Песенко, Ю. А.** Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях / Ю. А. Песенко. – М. : Изд-во «Наука», 1982. – 288 с.
22. **Петипа, Т. С.** Трофодинамика копепод в морских планктонных сообществах (Закономерности потребления и превращения вещества и энергии у особи) / Т. С. Петипа. – Киев : Наукова думка, 1981. – 245 с.
23. Пищальник, В. М. Океанографический атлас шельфовой зоны острова Сахалин / В. М. Пищальник, А. О. Бобков. – Ю-Сах. : Изд-во СахГУ, 2000. – Ч. 1. – 174 с.
24. **Пономарева, Л. А.** Зоопланктон залива Анива / Л. А. Пономарева // Тр. ИО АН СССР. – 1961. – Т. LI. – С. 103–111.
25. **Рекомендации** по экспресс-обработке сетного планктона в море. – Владивосток : ТИПРО, 1984. – 31 с.
26. **Саматов, А. Д.** Пространственное распределение и сезонная динамика копеподы *Acartia hudsonica* в Авачинской губе (юго-восточная Камчатка) / А. Д. Саматов, И. Н. Саматова // Биология моря. – 1996. – Т. 22, № 1. – С. 21–30.
27. **Сафронова, Р. К.** Состояние кормовой базы планктоноядных рыб в весенне-летний период 1982 и 1983 годов на шельфе юго-западной части Охотского моря / Р. К. Сафронова // Итоги исслед. по вопр. рац. исполъз. и охраны биол. ресурсов Сах. и Курил. о-вов : Тез. докл. II науч.-практ. конф. (нояб. 1984 г.). – Ю-Сах., 1984. – С. 166–169.
28. **Федотова, Н. А.** Сезонная динамика продуктивности вод юго-западной части Охотского моря / Н. А. Федотова // Биология шельфовых зон Мирового океана : Тез. докл. Второй все-союз. конф. по мор. биологии (Владивосток, сент. 1982 г.). – Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1982. – Ч. 1. – С. 173–174.
29. **Федотова, Н. А.** Характеристика планктона шельфовых вод Татарского пролива и юго-восточного Сахалина весной 1985–1986 гг. / Н. А. Федотова, Т. Н. Колганова // Итоги исслед. по вопр. рац. исполъз. и охраны вод., земел. и биол. ресурсов Сах. и Курил. о-вов : Тез. докл. III науч.-практ. конф. (27–28 марта). – Ю-Сах., 1987. – С. 126–127.
30. **Численко, Л. Л.** Номограммы для определения веса водных организмов по размерам и форме тела (морской мезобентос и планктон) / Л. Л. Численко. – Л. : Изд-во «Наука», Ленинград. отд-ние, 1968. – 108 с.
31. Bradford, J. M. A revision of generic definitions in the Calanidae (Copepoda, Calanoida) / J. M. Bradford, J. B. Jillett // Crustaceana. – 1974. – Vol. 27, No. 1. – P. 5–16.
32. **Bradford, J. M.** Partial revision of the *Acartia* (Copepoda: Calanoida: Acartiidae) / J. M. Bradford // N. Z. J. Mar. Freshw. Res. – 1976. – Vol. 10, No. 1. – P. 159–202.
33. **Bragina, I. Y.** Geographical and biological characteristics of the net zooplankton in the southwestern part of the Sea of Okhotsk during 1987–1996 / I. Y. Bragina // PICES Scientific Report. – 1999. – No. 12. – P. 187–199.
34. **Bragina, I. Y.** Interannual and seasonal variability of zooplankton in waters around Sakhalin during 1987–1999 / I. Y. Bragina // Abstracts of the 3rd Intern. Zooplankton Production Symposium. (Gijon, Spain, May 20–23, 2003). – 2003. – P. 135–136.
35. **Frost, B. W.** A taxonomy of the marine calanoid copepod genus *Pseudocalanus* / B. W. Frost // Can. J. Zool. – 1989. – Vol. 67. – P. 525–551.
36. **Miller, C. B.** *Neocalanus flemingeri*, a new species of Calanidae (Copepoda: Calanoida) from the Subarctic Pacific Ocean, with a comparative Redescription of *Neocalanus plumchrus* (Marukawa, 1921) / C. B. Miller // Prog. Oceanog. – 1988. – Vol. 20. – P. 223–273.
37. **Morisita, M.** Measuring of individuals and analysis of the distributional patterns / M. Morisita // Mem. Fac. Sci. Kyushu, Univ. Ser. E., Biol. – 1959. – Vol. 2, No. 4. – P. 215–235.

в 2001–2002 гг. / И. Ю. Брагина // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях : Труды Сахалинского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. – Южно-Сахалинск : СахНИРО, 2005. – Т. 7. – С. 197–223.

В результате обработки проб планктона, собранных в зал. Анива в 2001–2002 гг. в слое 100–0 м, определена сезонная изменчивость состояния зоопланктона, зоны повышенной концентрации биомассы кормовых объектов, установлены факторы среды, определившие структурные изменения зоопланктона залива Анива.

Табл. – 4, ил. – 14, библиогр. – 37.

2002 / I. Yu. Bragina // Water life biology, resources status and condition of inhabitation in Sakhalin-Kuril region and adjoining water areas : Transactions of the Sakhalin Research Institute of Fisheries and Oceanography. – Yuzhno-Sakhalinsk : SakhNIRO, 2005. – Vol. 7. – P. 197–223.

Plankton samples were taken from Aniva Bay in 2001–2002 in the layer of 100–0 m. As a result of their processing, a seasonal variability of zooplankton status and zones of higher biomass concentration of the food objects were determined, and the environment factors determining structural changes in zooplankton of the Aniva Bay were found.

Tabl. – 4, fig. – 14, ref. – 37.