

На правах рукописи

ОМЕЛЬЯНЕНКО Виктория Анатольевна

ПРИБРЕЖНЫЙ МЕРОПЛАНКТОН ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО
ЯПОНСКОГО МОРЯ

03.00.18 – гидробиология



АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Владивосток

2006

Работа выполнена в Лаборатории планктонологии Института биологии моря им. А.В. Жирмунского Дальневосточного отделения Российской академии наук

Научный руководитель:

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

Куликова Валентина Александровна

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук, старший научный сотрудник

Звягинцев Александр Юрьевич

доктор биологических наук, старший научный сотрудник

Раков Владимир Александрович

Ведущая организация: Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии

Защита состоится «__6__» _____июня_____2006 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 005.008.02 при Институте биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН по адресу: 690041, г. Владивосток, ул. Пальчевского, 17

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института биологии моря им. Жирмунского ДВО РАН

Автореферат разослан «____» ____мая____2006 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,

кандидат биологических наук



Е.Е. Костина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. Пелагические личинки морских донных беспозвоночных (меропланктон, ларватон, личиночный планктон) присутствуют в прибрежном планктоне всех широтных зон Мирового океана круглогодично или в течение большей части года. Плотность меропланктона в период размножения массовых видов донных беспозвоночных достигает десятков и сотен тысяч экземпляров в кубическом метре. Личинки обеспечивают восстановление популяций донных беспозвоночных, а также расширение их ареалов (Милейковский, 1961а, 1965, 1966, 1973а; Шелтема, 1981а,б; Bhaud et al., 2002 и др.). Личинки донных беспозвоночных играют важную роль во взаимодействии между пелагическими и донными сообществами, определяя многие особенности их структуры и функционирования (Милейковский, 1967г, 1973а,б, 1978а, 1985; Mileikovsky, 1970а и др.).

Комплексные круглогодичные исследования меропланктона единичны как для морей дальневосточного региона, так и для других районов Мирового океана (Thorson, 1946; Schram, 1968; Rasmussen, 1973; Blanner, 1982; Ошурков и др., 1982; Куликова и др., 2000; Мурина и др., 2002; Kulikova et al., 2001; Лисицкая, 2005). В зал. Петра Великого подавляющее большинство исследований меропланктона имело фрагментарный характер, две третьих от их общего числа посвящено личинкам объектов марикультуры (Корн, Куликова, 1997). Круглогодично меропланктон исследован в трех районах залива, однако большая часть личинок была определена до крупного таксона (Микулич, Бирюлина, 1977; Касьянов и др., 1978; Вышкварцев и др., 1979). В целом для залива отсутствуют данные по годовой динамике таксономического состава (включая мелкие таксоны) и особенностям состава и сезонной динамики плотности меропланктона в различных районах.

Изучение таксономического состава, плотности, особенностей качественного и количественного распределения меропланктона в различных по условиям районах зал. Петра Великого, исследование факторов, влияющих на численность и распределение личинок, а также толерантности меропланктона к антропогенному воздействию необходимо для оценки современного состояния и структуры пелагических и бентосных сообществ и прогнозирования их изменений.

Цель и задачи исследования. Цель работы – исследовать состав и пространственно-временную структуру меропланктона и его роль в прибрежном зоопланктоне зал. Петра Великого.

Для достижения поставленной цели было намечено решить следующие задачи:

1. изучить таксономический состав меропланктона зал. Петра Великого;
2. выявить изменения таксономического состава пелагических личинок по сезонам и на различных участках залива;
3. исследовать сезонную, годовую и межгодовую динамику плотности личинок и выявить факторы, их определяющие;
4. оценить количественную роль личинок донных беспозвоночных в зоопланктоне;
5. определить особенности состава и распределения меропланктона в акваториях, подверженных антропогенному воздействию;

Научная новизна. Впервые для всего зал. Петра Великого приведен список состава меропланктона, включающий 93 таксона различного ранга. Впервые показано, что различия состава меропланктона северного, восточного и южного районов зал. Петра Великого обусловлены особенностями распределения бентоса, гидрологического режима и направлением преобладающих течений в заливе. Впервые дано обобщенное представление о сезонных изменениях состава меропланктона на прибрежных участках акватории зал. Петра Великого. Выявлено, что личинки иглокожих, немертин, актиний и большинства видов двустворчатых и брюхоногих моллюсков находятся в планктоне залива лишь в течение гидрологического лета. Показано, что одним из важных факторов, определяющих годовые изменения состава меропланктона, наряду с температурным, служит пищевой. Установлено, что с поздней осени и до середины весны в меропланктоне количественно доминируют личинки многощетинковых червей, а летом – личинки двустворчатых и брюхоногих моллюсков. Впервые показано, что личинки 7 видов донных беспозвоночных распространены повсеместно и являются наиболее массовыми. Впервые дана оценка состояния меропланктона в условиях загрязнения в зал. Петра Великого. По видовому богатству и плотности меропланктон

загрязненных районов не уступает меропланктону относительно чистых участков залива и обеспечивает в них достаточный репродуктивный потенциал.

Практическое значение работы. Результаты настоящей работы могут быть использованы при проведении мониторинговых исследований зоопланктона, оценки и прогнозирования влияния антропогенного воздействия на состав и структуру планктонного сообщества, а также при организации хозяйств марикультуры и промысла отдельных видов.

Апробация работы. Результаты исследований и основные положения работы были представлены на Международном симпозиуме по океанографии дальневосточных прибрежных морей (Владивосток, 2001); V Международной конференции по личиночной биологии (Виго, Испания, 2002); Международном научном форуме "Техника и технология в рыбной отрасли XXI века" (Владивосток, 2002); Международном рабочем совещании по проблемам глобальных изменений на Дальнем Востоке (Владивосток, 2002); Международном АТС/СТАРТ симпозиуме по изучению глобальных изменений в северо-восточной Азии (Владивосток, 2002), на ежегодных научных конференциях Института биологии моря, на семинарах лаборатории планктонологии и лаборатории эмбриологии Института биологии моря ДВО РАН.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 12 работ (9 статей и 3 тезисов).

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, выводов, приложения. Список литературы состоит из 464 источников, из них 150 – зарубежных.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Дан краткий обзор литературы по результатам исследования меропланктона в зал. Петра Великого, дальневосточных морях, европейских морях России и в морях бореальной зоны в целом.

Глава 2. ФИЗИКО–ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

В главе на основе литературных данных приведена физико-географическая характеристика зал. Петра Великого в целом и районов, в которых проводили

исследования – в Амурском заливе, зал. Восток и зал. Китовый зал. Посъета. Приведены также собственные данные измерений температуры и солености.

Глава 3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для настоящей работы послужили сборы планктона, проведенные в 1996-2004 гг. в прибрежной зоне залива Петра Великого Японского моря (рис. 1).

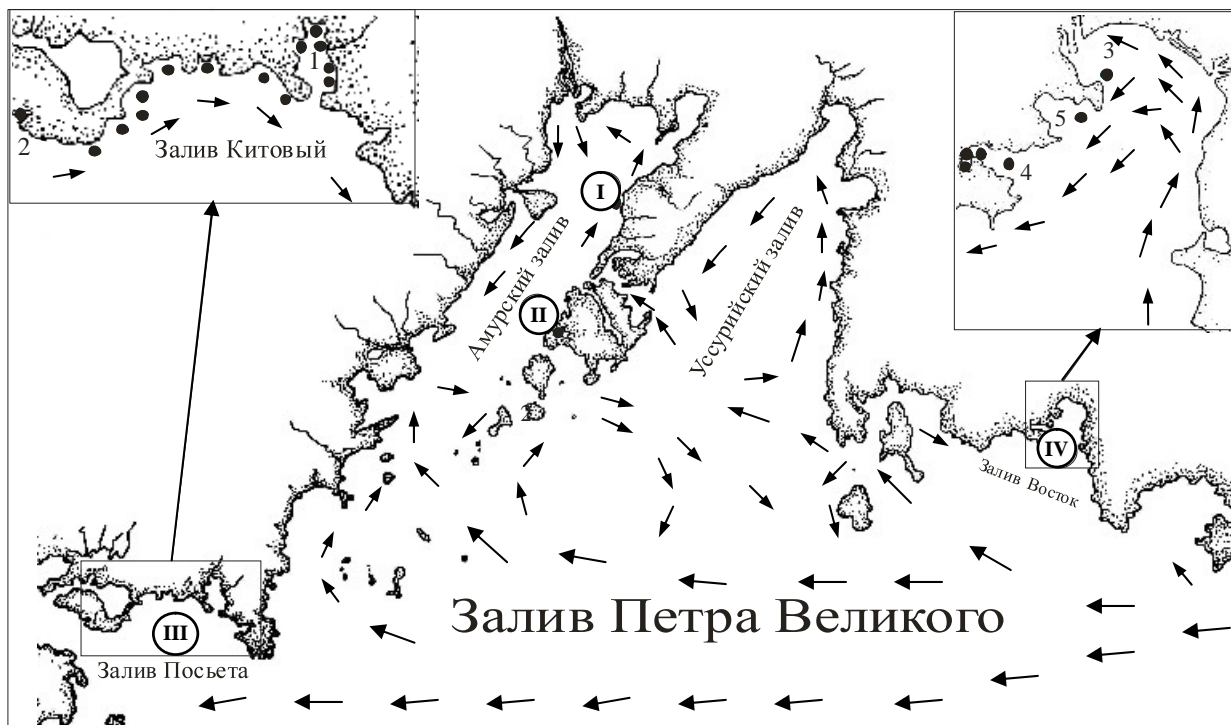


Рис. 1. Карта-схема района исследований. Цифрами обозначены участки: I – северо-восточная часть Амурского залива; II – б. Рында о-ва Русский; III – зал. Китовый зал. Посъета, бухты Троицы (1) и Миноносок (2); IV – зал. Восток: бухты Восток (3), Гайдамак (4) и Средняя (5). Крестики – станции сбора проб. Стрелками обозначены преобладающие летом течения.

Круглогодичные исследования таксономического состава, сезонной динамики и межгодовых изменений плотности и биомассы меропланктона проводили в течение двух с половиной лет в северо-восточной мелководной части Амурского залива. Пробы брали еженедельно с 8.02.96 г. по 14.05.98 г. на станции, расположенной в районе $43^{\circ}11.6' N$ и $131^{\circ}54.6' E$ в 500 м от берега над глубиной 7 м (рис. 1).

Для сравнительного исследования особенностей таксономического состава и сезонной динамики плотности меропланктона в различных, значительно удаленных друг от друга участках зал. Петра Великого в летне-осенний период был использован материал из заливов Посъета, Амурского и Восток (табл. 1, рис. 1).

Сроки работ и объем использованного материала

Район сбора проб		Год	Месяц	Количество проб
Амурский залив	Северо-восточная мелководная часть Амурского залива	1996	II – XII	47
		1997	I – XII	46
		1998	I – V	17
	Бухта Рында о-ва Русский	2000	VI – X	18
Залив Восток	Бухта Восток	1999	VI – X	24
		2000	VIII – IX	6
		2002	V, XI	4
		2003	IV – V	6
		2004	VII – VIII	25
	Бухта Гайдамак	1998	VI – IX	54
		1999	IX	14
		2000	IX	14
	Бухта Средняя	1998	VI – VIII	8
		1999	IX	2
Залив Посыета	Залив Китовый	2001	V – VII, X	17
		2002	VIII	2
	Бухта Троицы	2001	VI – VII, XII	12
	Бухта Миносок	2001	VII, X	2
Всего проб				318

Сбор проб производили, облавливая в мелководных участках водную толщу от дна до поверхности, а на более отдаленных от берега участках – от 10 м до поверхности. Повсеместно одновременно с отбором проб измеряли температуру и соленость воды. Обработку проб проводили согласно общепринятым методикам. Для выявления особенностей качественного распределения меропланктона в заливе проведено сравнение видовых списков личинок из разных участков в период их наибольшего обилия (май–октябрь) методом теории нечетких множеств. Для построения дендрограммы применен метод Уорда. В качестве меры сходства использовали процент несогласия накопленных различий. При характеристике структуры биоценоза использовали индекс видового разнообразия Шеннона (H) (Shannon, Weaver, 1963) и индекс видового богатства Маргалёфа (D) (Margalef, 1974):

$$H = -\sum_{i=1}^Z a_i \cdot \ln a_i, \quad D = (Z-1) / \log N,$$

где Z – число видов в сообществе, a_i – значимость вида в долях от общей численности всех видов, N – число особей.

Глава 4. ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МЕРОПЛАНКТОНА ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО

В зал. Петра Великого обнаружены личинки 93 таксонов, 46 определены до вида. Наиболее широко представлены в меропланктоне личинки двустворчатых моллюсков *Bivalvia* и многощетинковых червей *Polychaeta*.

С помощью метода теории множеств выявлено, что по видовому составу меропланктон сгруппирован в два крупных объединения: в первый кластер вошли виды северного и восточного районов (заливы Амурский и Восток), во второй – юго-западного района зал. Петра Великого (зал. Китовый, б. Троицы) (рис. 2).

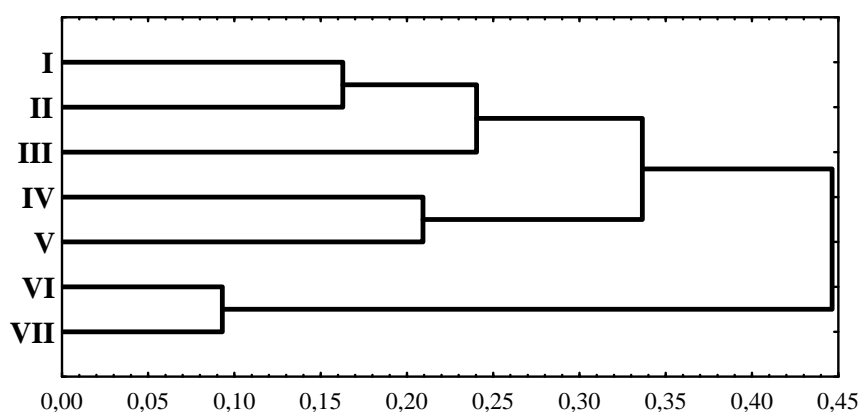


Рис. 2. Дендрограмма сходства фаунистических комплексов по районам. По оси абсцисс – дистанция присоединения (межвыборочная дисперсия), по оси ординат – номер района. I – северо-восточная мелководная часть Амурского залива, II – б. Рында, III – б. Восток, IV – б. Гайдамак, V – б. Средняя, VI – зал. Китовый, VII – б. Троицы.

Различия видовых комплексов меропланктона, очевидно, обусловлены вариациями в составе донных сообществ. Однако, провести сравнение районов по составу донных сообществ, к сожалению, в настоящее время не представляется возможным, т.к. результаты исследований бентоса либо устарели, либо, по данным разных авторов, противоречат друг другу. О различиях в составе донных сообществ можно судить по косвенным данным, в частности, по составу грунтов. Так, в Амурском заливе и зал. Восток преимущественно распространены илы, тогда как в зал. Китовый преобладают пески. Другой важный фактор, определяющий состав как донных, так и пелагических сообществ – это гидрологический режим акватории. В этом отношении зал. Китовый характеризуется, по сравнению с Амурским заливом и зал. Восток, более длительным периодом высоких температур, а также меньшим береговым стоком, и, соответственно, режимом солености и антропогенным загрязнением.

Распространение пелагических личинок в заливе в значительной мере определяется преобладающими течениями. Основные пути переноса личинок лежат из восточного района в северный, центральный и южный районы, а из северного – в восточный и центральный районы зал. Петра Великого. В то же время, основные течения не способствуют выносу личинок из юго-западного в северный и восточный районы залива (рис. 1).

Личинки *Bivalvia*, *Gastropoda*, *Polychaeta* и *Cirripedia* встречаются в планктоне залива круглогодично (табл. 2). Минимальное число систематических групп меропланктона отмечается зимой. Осенью, зимой и весной наиболее разнообразно представлены личинки многощетинковых червей. Личинки иглокожих, актиний и немертин имеются в планктоне лишь в период гидрологического лета. Личинки почти всех видов моллюсков и иглокожих находятся в планктоне в течение 4 месяцев, как правило, с июня по сентябрь. Именно в этот период наблюдается максимум видового богатства меропланктона.

Анализ литературных данных показал, что видовое богатство меропланктона повсеместно в морях умеренной зоны возрастает летом (Thorson, 1946; Schram, 1968; Rasmussen, 1973; Blanner, 1982; Ощурков и др., 1982; Куликова и др., 2000). При этом в морях низких широт (с “мягким” термическим режимом) максимум видового богатства в летний период обеспечивается в основном увеличением разнообразия среди *Bivalvia*, *Gastropoda* и *Echinodermata*, а личинки *Polychaeta* и *Cirripedia*, как правило, разнообразно представлены с весны до поздней осени.

Таблица 2

Сроки нахождения личинок донных беспозвоночных в планктоне зал. Петра Великого

Вид / Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<i>Mytilus trossulus</i>					+	+	+	+	+	+		
<i>M. coruscus</i>								+	+	+		
<i>Crenomytilus grayanus</i>						+	+	+	+	+		
<i>Modiolus kurilensis</i>							+	+	+	+		
<i>Musculista senhousia</i>						+	+	+	+	+		
<i>Adula falcatoides</i>						+	+	+	+			
Mytilidae gen. spp.					+	+	+	+	+	+	+	
<i>Crassostrea gigas</i>						+	+	+	+			
<i>Arca boucardii</i>							+	+	+			
<i>Mizuhopecten yessoensis</i>						+	+	+				
<i>Chlamys farreri</i>						+	+	+				
<i>Chlamys swifti</i>						+	+	+	+			
<i>Hiatella arctica</i>						+	+	+	+	+		
<i>Kellia japonica</i>						+	+	+	+			
Kelliidae gen. spp.						+	+	+	+			
<i>Siliqua alta</i>						+	+	+	+	+	+	

Продолжение табл. 2

Вид / Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Число таксонов Polychaeta	8	13	10	15	18	23	18	20	20	17	14	8
<i>Balanus crenatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>B. improvisus</i>					+	+	+	+	+	+	+	+
<i>B. rostratus</i>	+								+	+	+	+
<i>Hesperibalanus hesperius</i>	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Semibalanus cariosus</i>			+	+	+							
<i>Chthamalus dalli</i>					+	+	+	+	+			
<i>Rhizocephala</i> gen. spp.						+	+	+	+	+		
Число таксонов Cirripedia	3	2	2	3	5	5	5	5	6	5	4	4
<i>Strongylocentrotus nudus</i>						+	+	+	+			
<i>S. intermedius</i>						+	+	+	+			
<i>Echinocardium cordatum</i>						+	+	+	+			
<i>Scaphechinus mirabilis</i>						+	+	+				
<i>S. griseus</i>									+	+		
<i>Echinarachnius parma</i>						+	+	+				
<i>Echinoidea</i> gen. spp.						+	+	+	+			
<i>Ophiura sarsi</i>			+		+	+	+	+	+	+	+	
<i>Amphipholis kochii</i>							+	+	+			
<i>Patiria pectinifera</i>						+	+	+	+			
<i>Asteriidae</i> gen. spp.						+	+	+	+	+		
<i>Luididae</i> gen. spp.							+					
Число таксонов Echinodermata	0	0	1	0	1	9	11	10	9	3	1	0
<i>Decapoda</i> gen. spp.					+	+	+	+	+			
<i>Phoronida</i> gen. spp.	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Nemertini</i> gen. spp.				+	+	+	+	+	+	+		
<i>Actinaria</i> gen. spp.						+	+	+	+	+	+	
<i>Polycladida</i> gen. spp.									+			
Число таксонов прочих	1	1	0	1	3	4	4	4	5	3	2	1
Число таксонов общее	14	18	15	22	37	72	77	77	75	47	29	17

* – прочие: Decapoda, Phoronida, Nemertini, Actinaria, Polycladida

В более суровых условиях высоких широт число видов с пелагическим развитием среди всех групп донных беспозвоночных уменьшается, и количество видов меропланктона возрастает летом главным образом за счет личинок *Polychaeta* и *Bivalvia*, период нахождения которых в планктоне также сокращается.

Известно, что основным фактором, определяющим сезонность размножения в шельфовых водах умеренных и высоких широт, является годовой цикл изменений температуры воды. В свою очередь, температура нереста большинства донных беспозвоночных сопряжена с их биогеографической принадлежностью. Однако, подавляющее большинство личинок моллюсков и иглокожих, независимо от их биогеографической принадлежности, находится в планктоне в самое теплое время года. По-видимому, важным фактором годовых изменений состава меропланктона, наряду с температурным, является пищевой фактор. Известно, что

личинки *Bivalvia*, *Gastropoda* и *Echinodermata* на ранних стадиях развития предпочитают питаться мелкими жгутиковыми, а *Polychaeta* и *Cirripedia* – диатомовыми микроводорослями (Thorson, 1946; Ukeles, 1975; Hansen, 1991; Yokouchi, 1991). В зал. Петра Великого диатомовые водоросли имеются в планктоне круглогодично, а мелкие жгутиковые – в основном летом и осенью. Таким образом, благодаря наличию подходящих объектов питания личинки *Polychaeta* и *Cirripedia* могут развиваться в заливе в течение всего года. Нахождение в планктоне пула личинок *Bivalvia*, *Gastropoda* и *Echinodermata* приурочено к периоду обилия мелких жгутиковых водорослей.

Глава 5. СЕЗОННАЯ И МЕЖГОДОВАЯ ДИНАМИКА КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЕРОПЛАНКТОНА

В главе изложены результаты изучения особенностей сезонной динамики меропланктона в целом, отдельных таксономических групп и видов в северо-восточной части Амурского залива, б. Рында о-ва Русский (юго-западная часть Амурского залива), зал. Китовый, бухтах Троицы и Миноносок зал. Посъета, бухтах Восток, Средняя и Гайдамак зал. Восток.

Годовая динамика численности меропланктона исследована в северо-восточной части Амурского залива (рис. 3).

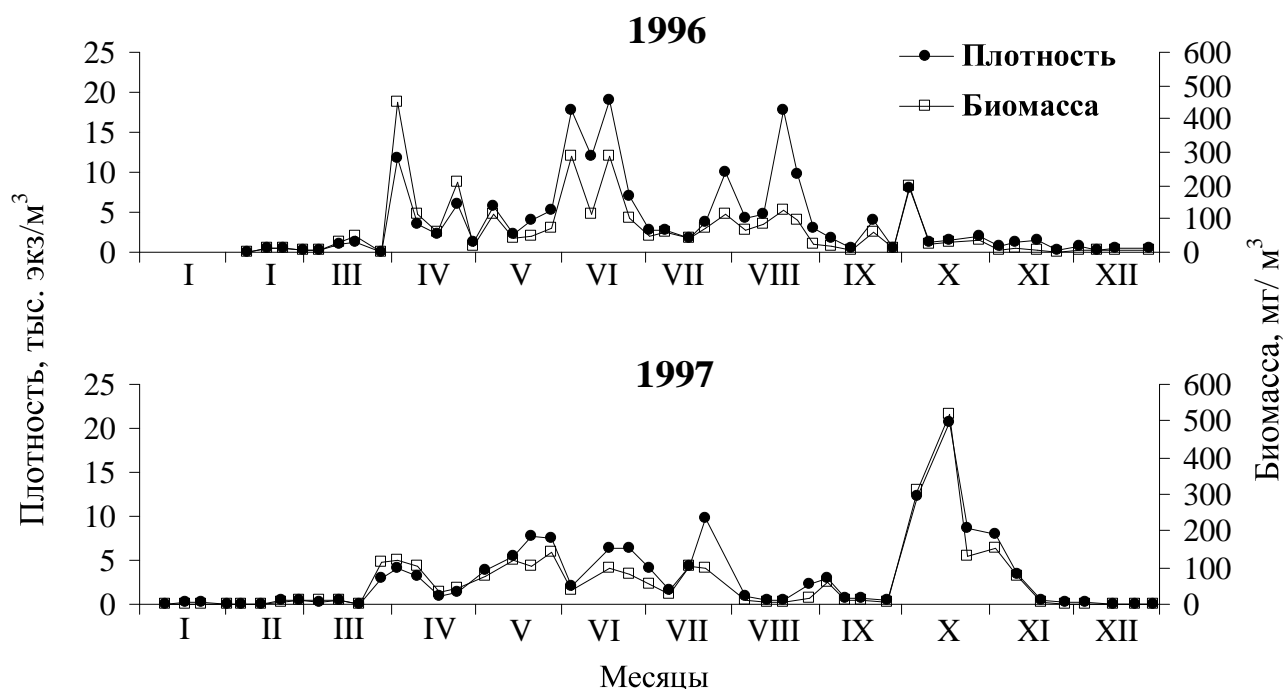


Рис. 3. Годовая динамика плотности и биомассы меропланктона в северо-восточной мелководной части Амурского залива в 1996–1997 гг.

В 1996 г. зарегистрированы несколько высоких пиков плотности и биомассы меропланктона (рис. 3). Первый из них наблюдался в апреле, он был обеспечен в основном личинками полихеты *Harmothoe imbricata*, и, в меньшей степени, личинками полихет *Scolelepis* sp. и *Capitella capitata*. Наиболее продолжительный период высоких количественных показателей пришелся на июнь (в среднем за месяц 13940 экз/м³ и 198.9 мг/м³). В это время доминировали личинки брюхоногих моллюсков рода *Littorina* и двустворчатых моллюсков *Mya japonica*, *Mytilus trossulus* и *Veneridae* gen. spp. В июле 1996 г. высокую плотность меропланктона дали личинки устрицы *Crassostrea gigas*, а в августе – двустворчатых моллюсков из сем. *Veneridae*. В октябре пик плотности обеспечили личинки усонного рака *Balanus rostratus*.

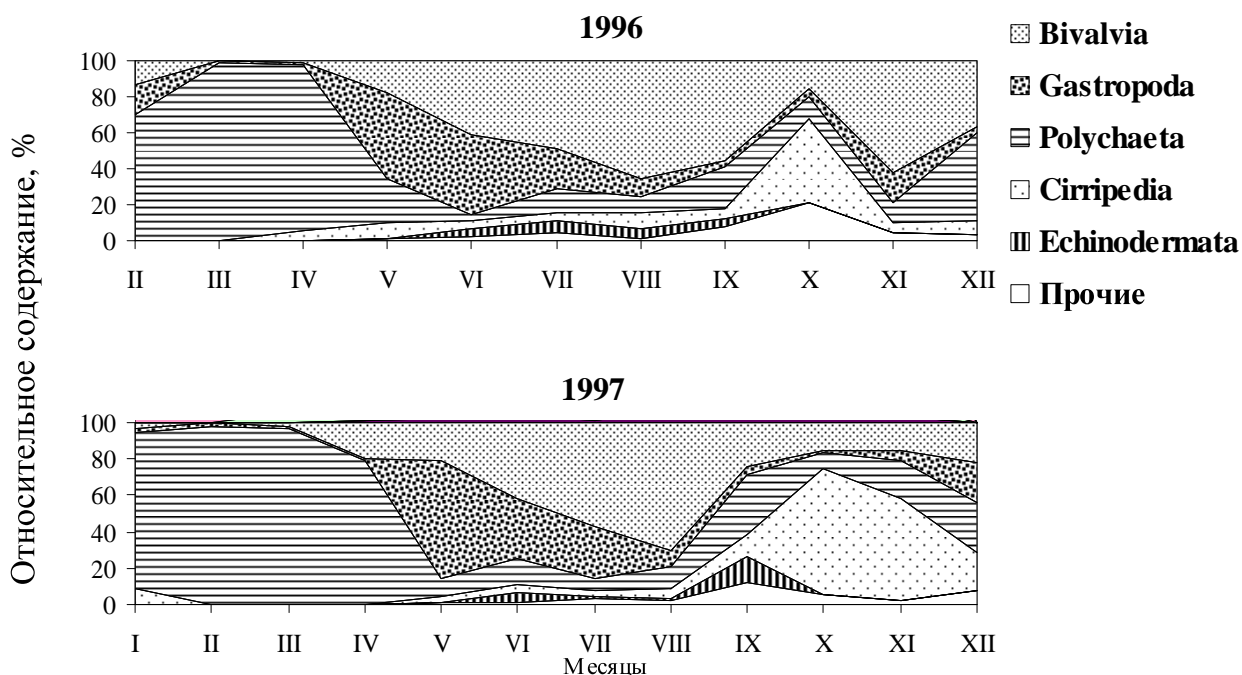


Рис. 4. Относительное содержание (%) личинок отдельных групп в меропланктоне северо-восточной части Амурского залива в 1996 и 1997 гг.

В 1997 г. наиболее выраженным был октябрьский пик (рис. 3). В октябре личинки *B. rostratus* составили 75% численности меропланктона. Остальные пики плотности меропланктона были обеспечены теми же видами и группами, что и в 1996 г., но имели меньшие значения.

Изменения структуры меропланктона в оба года наблюдений были сходными. Так, с поздней осени до середины весны доминировали личинки полихет, в конце весны – первой половине лета – личинки брюхоногих и

двустворчатых моллюсков, во второй половине лета – личинки двустворчатых моллюсков, осенью – личинки усонюгих раков и полихет (рис. 4).

Аналогичные изменения структуры меропланктона в летне-осенний период наблюдались и в других исследованных районах зал. Петра Великого (рис. 5).

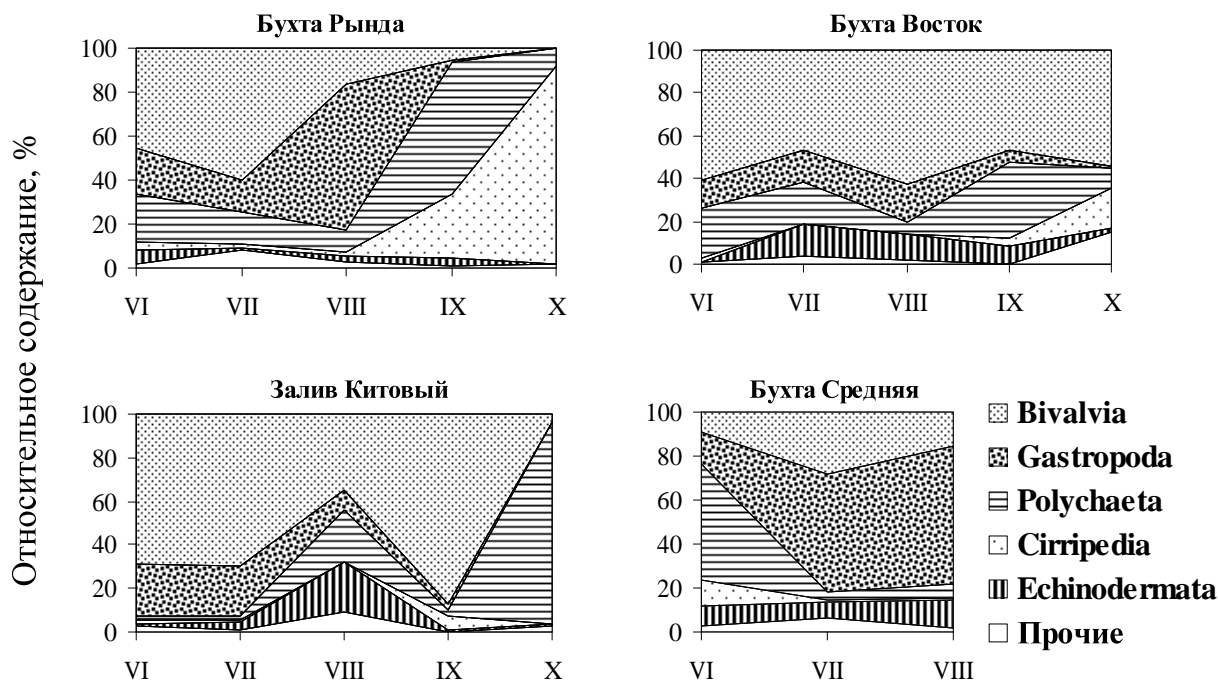


Рис. 5. Относительное содержание (%) личинок отдельных групп в меропланктоне. По оси абсцисс – месяцы.

Личинки относительно небольшого числа видов донных беспозвоночных доминировали в меропланктоне зал. Петра Великого. В марте–апреле в северо-восточной части Амурского залива пик плотности давали личинки полихет *H. imbricata*, *Scolelepis* sp. и *Capitella capitata*. В конце весны – начале лета повсеместно на мелководных участках залива доминировали личинки брюхоногих моллюсков *Littorina* spp. Летом преобладали разнообразно представленные личинки двустворчатых моллюсков. Самые многочисленные среди них – *Mya japonica*, *Mytilus trossulus* и представители сем. Veneridae. Летний максимум плотности меропланктона в некоторых районах, например, в б. Рында о-ва Русский и б. Средняя зал. Восток, был обеспечен личинками брюхоногих моллюсков, главным образом, *Alaba vladivostokensis*. Среди иглокожих повсеместно наиболее многочисленны плутеусы офиуры *Ophiura sarsi* и ежа *Echinocardium cordatum*, а также личинки морских звезд. В октябре–ноябре преобладали усонюгие раки *B. rostratus* и полихеты *Polydora* spp. и *Dipolydora* sp. (*Dipolydora* aff. *concharum*).

Доля личинок донных беспозвоночных по численности в зоопланктоне северо-восточной части Амурского залива в течение года варьировала от 3 до 74% с минимальным содержанием (3–10%) со второй половины декабря по март и максимальным – с апреля по ноябрь (15–74%). В других исследованных районах доля личинок в зоопланктоне была ниже (рис. 6).

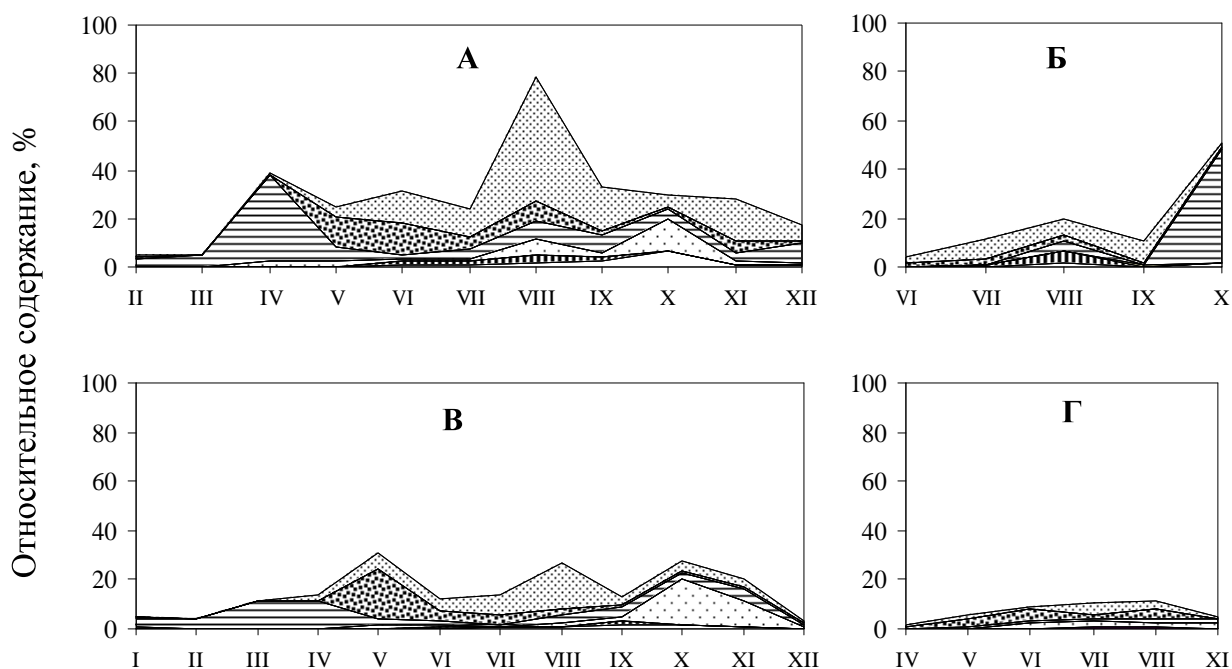


Рис. 6. Относительное содержание (%) личинок донных беспозвоночных в зоопланктоне: северо-восточной части Амурского залива в 1996 (А) и 1997 (В) гг.; зал. Китовый (Б); б. Восток зал. Восток (Г). Белым цветом обозначена доля (%) голопланктона, остальные обозначения – те же, что и на рис. 5.

Плотность меропланктона испытывала значительные межгодовые колебания. При этом качественный состав личиночного планктона существенно не менялся. Для северо-восточной части Амурского залива выявлена связь межгодовой изменчивости обилия личинок с температурой и соленостью воды. Так, в первой половине лета 1996 г. при незначительном опреснении вся толща вод в северо-восточной части Амурского залива прогревалась медленно и равномерно (рис. 7). Плотность меропланктона была очень высокой на протяжении всего лета в основном за счет личинок *Gastropoda*, *Bivalvia* и *Echinodermata* (более 1.8 тыс. экз/м³). Напротив, летом 1997 г. плотность личинок моллюсков и иглокожих была в несколько раз ниже по сравнению с этим же периодом 1996 г. В июне 1997 г. наблюдалась задержка прогрева придонного слоя воды, вызванная стратификацией вод (рис. 7). Очевидно, задержка прогрева придонных вод повлияла на

интенсивность нереста многих видов двустворчатых моллюсков и иглокожих и, вследствие этого, на численность их личинок.

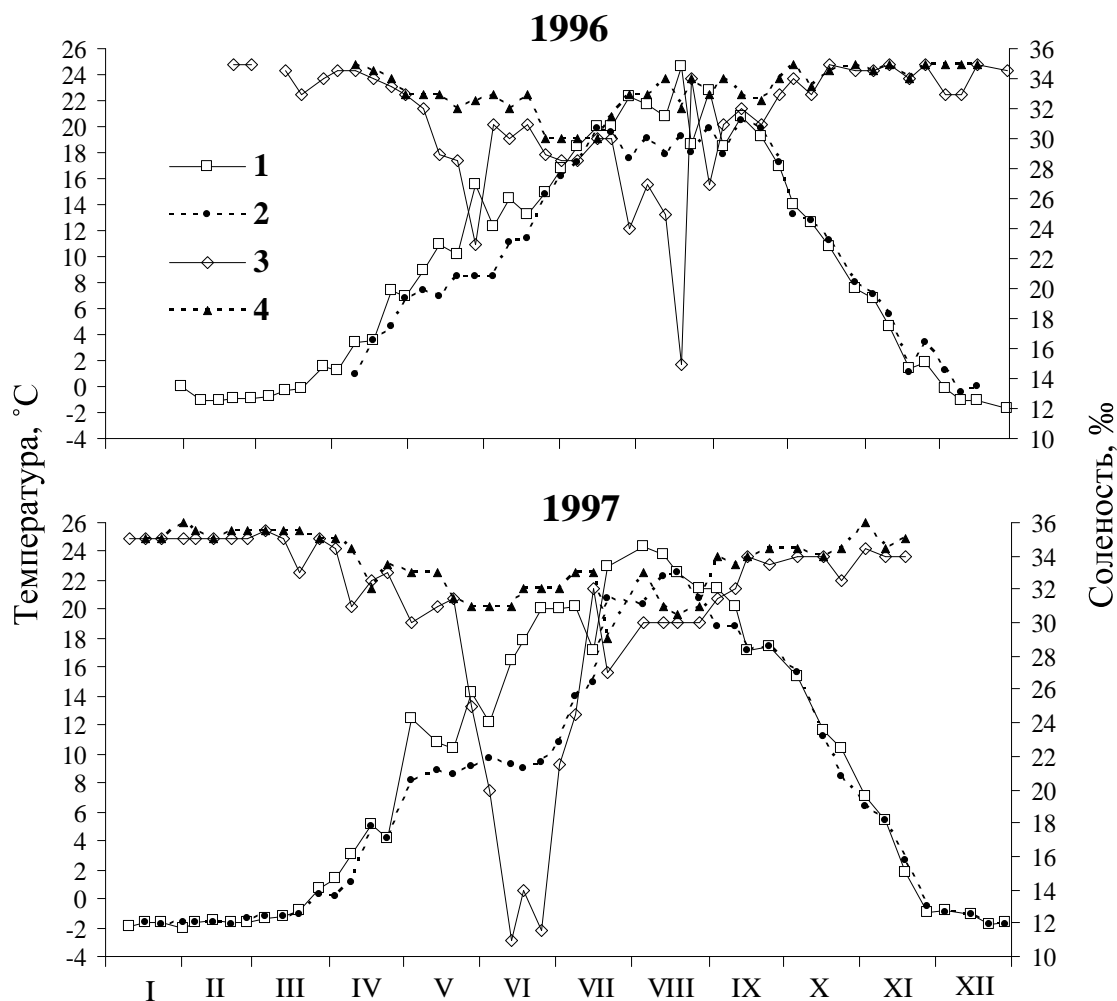


Рис. 7. Годовой ход температуры и солености в северо-восточной части Амурского залива в 1996-1997 гг. на поверхности (0.5 м) и у дна (6 м). 1 – температура воды на поверхности, 2 – у дна; 3 – соленость воды на поверхности, 4 – у дна. По оси абсцисс – месяцы.

Довольно значительное опреснение поверхностного слоя воды (до 15‰) в августе 1996 г. не привело к существенному уменьшению количества меропланктона. Известно, что личинки большинства видов донных беспозвоночных могут регулировать свое положение в толще воды, погружаясь в менее опресненные нижние слои, и, кроме того, переносят более сильное опреснение, чем взрослые особи. Нижние границы толерантности по отношению к солености находятся у личинок большинства исследованных видов на уровне 18–22‰ (Зевина, Стрелков, 1983; Ярославцева и др., 1986, 1988, 1990, 2000, 2001; Кашенко, 1987, 1992, 1996, 2000, 2005; Ярославцева, Сергеева, 1991, 2000).

Проведена сравнительная оценка сезонной динамики состава и численности меропланктона зал. Петра Великого, дальневосточных морей и других прибрежных акваторий бореальной зоны Мирового океана (в основном, европейских морей) (Thorson, 1946; Schram, 1968; Rasmussen, 1973; Blanner, 1982; Ошурков и др., 1982; Куликова и др., 2000). В меропланктоне прибрежной зоны бореальных морей повсеместно преобладают личинки *Bivalvia*, *Gastropoda*, *Polychaeta* и *Cirripedia*. Личинки этих групп находятся в планктоне в течение всей или большей части года. Летом и осенью преобладают личинки двустворчатых и брюхоногих моллюсков, зимой – личинки полихет. Весной (а в некоторых районах – осенью) в течение непродолжительного периода доминируют личинки усоногих раков. В морях высокобореальной подзоны высокой численности могут достигать личинки *Bryozoa*. В меропланктоне морей низкобореальной подзоны возрастает доля личинок *Echinodermata* и *Phoronida*. В большинстве исследованных бореальных морей среди личинок *Bivalvia* преобладают личинки сем. *Mytilidae*. В зал. Петра Великого доля личинок митилид также довольно велика, но на первом месте по численности находятся личинки из сем. *Veneridae*. Среди личинок *Gastropoda* фактически повсеместно одними из наиболее массовых являются личинки рода *Littorina*. Во всех бореальных морях среди личинок *Polychaeta* доминируют личинки родов *Polydora*, *Dipolydora* и *Pseudopolydora* сем. *Spionidae*. Среди *Echinodermata* в меропланктоне морей высоких широт преобладают личинки морских звезд, а в низких широтах увеличивается доля личинок морских ежей, наиболее массовый среди них – *E. cordatum*.

Глава 6. МЕРОПЛАНКТОН В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

В зал. Петра Великого антропогенному загрязнению подвержено большинство прибрежных акваторий, в том числе б. Гайдамак, глубоко врезающаяся в береговую линию зал. Восток (рис. 8). Здесь находятся крупный поселок, судоремонтный завод, база рыболовных судов, причалы, и речка, выносящая сточные воды в бухту.

Сбор материала производили в летне-осенний период на пяти станциях, из которых первые две (1 и 2) находились в гавани судоремонтного завода, расположенной в кутовой части б. Гайдамак. Станция 3 размещалась возле пирса

агарового завода (в настоящее время не функционирующего). Контрольные станции 4 и 5 находились на выходе из б. Гайдамак и в б. Средняя (рис. 8).



Рис. 8. Карта-схема расположения станций в б. Гайдамак (станции 1–4) и в б. Средняя (станция 5) зал. Восток.

Содержание нефтепродуктов и фенола в водной толще б. Гайдамак достигает 0,05 мг/л и 9 мкг/л соответственно (Исследование..., 1998; Kulikova et al., 2001; Куликова и др., 2004). Поверхность воды в гавани (кутовая часть б. Гайдамак) часто покрыта маслянистой нефтяной пленкой и разливами дизельного топлива. Степень обогащения вод металлами в гавани в 2–4 раза больше по сравнению с центральной частью зал. Восток. Концентрация растворенных форм металлов в б. Гайдамак достигает значений: Zn – до 0,26 мкг/л, Cu - до 0,44 мкг/л, Pb – до 0,006 мкг/л и Cd – до 0,034 мкг/л. Для всей акватории гавани характерно обогащение биогенными элементами – в поверхностном слое более чем на

Таблица 3

Гидрохимические характеристики водной толщи в гавани судоремонтного завода (б. Гайдамак, станции 1 и 2) и в б. Средняя (станция 5) в июне 1998 г.

№ станции	Глубина, м	Температура, °С	Соленость, ‰	O ₂ , мл/л	O ₂ , % насыщения	PO ₄	Si	NO ₂	NO ₃	NH ₄	Хлорофилл <i>a</i> , мг/м ³
						мкМ					
1	0.2	12.4	25.7	6.04	97.7	3.47	51.2	3.29	2.92	32.74	2.50
	6.5	12.4	33.2	5.44	89.6	0.63	10.3	*	0.79	2.50	0.87
2	0.2	13.2	33.0	6.33	105.6	0.46	7.3	»	0.31	0.12	–
	4.5	12.5	33.2	5.37	88.4	0.63	10.3	»	0.57	2.64	»
5	0.3	13.4	33.0	6.21	104.0	0.21	7.8	»	0.14	0.12	0.35
	10.0	13.2	33.0	6.23	103.9	0.21	6.9	»	0.29	1.60	0.25

* – следы
– не измеряли

порядок величин выше по сравнению с фоновыми водами, что связано с поступлением минеральных веществ с речными стоками и сточными водами с судов (табл. 3).

Из-за сильного загрязнения в кутовой части б. Гайдамак и у пирсов грунты представлены черными маслянистыми илами с запахом нефтепродуктов. Центральная часть бухты занята илисто-песчаным грунтом. В целом бухту можно охарактеризовать как эвтрофированный морской полузамкнутый водоем (Исследование..., 1998; Kulikova et al., 2001; Куликова и др., 2004).

Сообщества донных организмов в бухте характеризуются простой структурой, низким видовым разнообразием и ярким доминированием видов-индикаторов экстремальных условий обитания (Исследование..., 1998).

В то же время максимальные значения численности и видового богатства меропланктона наблюдаются в наиболее загрязненной и наименее заселенной беспозвоночными гавани б. Гайдамак (станции 1 и 2) (рис. 9).

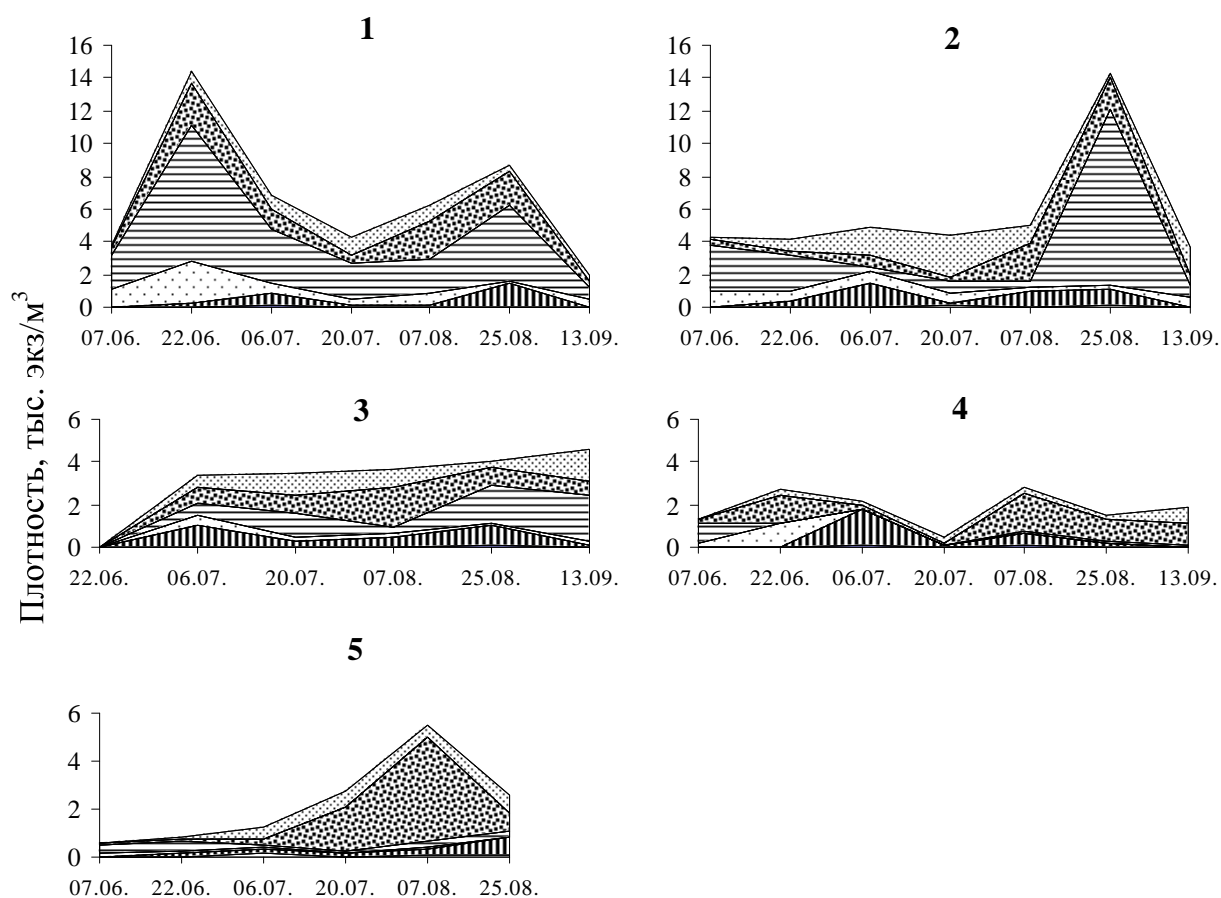


Рис. 9. Плотность меропланктона в бухтах Гайдамак (станции 1 – 4) и Средняя (станция 5) летом 1998 г. Цифры – номера станций. Остальные обозначения – те же, что и на рис. 5.

Сопоставление данных по видовому составу и распределению бентоса и меропланктона показало, что большая часть личинок имеет не местное происхождение, а поступает сюда из смежных относительно чистых районов. Высокая концентрация личинок обеспечивается благодаря специфике местной гидродинамики. В кутовой части бухты поверхностные течения образуют круговорот, попадая в который личинки как бы «застревают» в нем и концентрируются на этом участке.

Вместе с тем, в гавани намного выше, чем в открытой части этой бухты, а также на контрольной станции в б. Средняя, плотность личинок полихет *P. paucibranchiata*. Известно, что многие виды полидорида являются позитивными индикаторами загрязнения. По нашему мнению, такие плотные скопления личинок образованы местной популяцией псевдополидорида, которая способна выживать и размножаться в условиях сильной антропогенной нагрузки, являясь, таким образом, положительным индикатором загрязнения.

Анализ собственных и литературных данных показал, что плотность меропланктона на загрязненных участках акватории зал. Петра Великого достигает значений, сравнимых или даже превышающих значения плотности меропланктона в чистых районах (Kulikova et al., 2001; Звягинцев и др., 2004). Показатели видового разнообразия и видового богатства в загрязненных районах (б. Гайдамак, северо-восточная часть Амурского залива) незначительно отличаются от таковых в относительно чистых районах (зал. Китовый, бухты Восток и Средняя) (табл. 4).

Таблица 4.

Характеристики структуры меропланктона исследованных районов зал. Петра Великого

Район	Индекс видового богатства Маргалёфа	Индекс видового разнообразия Шеннона
Северо-восточная часть Амурского залива	7,04	3,98
Б. Рында	6,10	2,13
Зал. Китовый	7,14	2,90
Б. Восток	7,12	5,52
Б. Гайдамак	6,43	2,48
Б. Средняя	7,33	2,09

Однако, если в чистых районах преобладают личинки нескольких видов двусторчатых и брюхоногих моллюсков, а также достаточно высока доля личинок

иглокожих, то в загрязненных доминируют личинки полихет родов *Polydora* и *Pseudopolydora*, усоногих раков *B. crenatus* и мидии *M. trossulus*. Высокие показатели плотности и видового богатства меропланктона в загрязненных районах свидетельствует о наличии в них репродуктивного потенциала, создаваемого пелагическими личинками, и в случае прекращения промышленно-хозяйственной деятельности такие районы могут быть вновь заселены исчезнувшими видами.

ВЫВОДЫ

1. В зал. Петра Великого обнаружены личинки 93 таксонов, из которых 46 определены до вида. Видовые комплексы меропланктона северного и восточного районов залива более сходны между собой, чем с комплексом юго-западного района, что обусловлено особенностями распределения бентоса, гидрологического режима и направлением преобладающих течений.

2. Личинки *Bivalvia*, *Gastropoda*, *Polychaeta*, *Cirripedia* встречаются в планктоне зал. Петра Великого круглогодично, личинки *Echinodermata*, *Nemertini* и *Actinaria* – только в течение гидрологического лета. Максимум видового богатства меропланктона наблюдается в июле–августе и обеспечивается резким возрастанием числа видов *Bivalvia* и *Echinodermata*.

3. Во всех исследованных районах зал. Петра Великого наблюдаются сходные изменения структуры меропланктона по сезонам. Летом в меропланктоне количественно доминируют личинки *Bivalvia* и *Gastropoda*, осенью – личинки *Polychaeta* и *Cirripedia*, а зимой – личинки *Polychaeta*.

4. Одним из важных факторов, определяющих годовые изменения состава меропланктона, наряду с температурным, является пищевой фактор. Пул личинок *Bivalvia*, *Gastropoda* и *Echinodermata* приурочен к периоду обилия их объектов питания – мелких жгутиковых водорослей, приходящемуся на лето и осень. Личинки *Polychaeta* и *Cirripedia*, которые питаются диатомовыми водорослями, не испытывают дефицита пищи благодаря достаточно высокой плотности последних в течение всего года.

5. Плотность меропланктона прибрежных участков залива в течение года варьирует от единиц до десятков тысяч экземпляров в кубическом метре. Период

наибольшей плотности меропланктона в зал. Петра Великого продолжается с июня по октябрь.

6. Доля личинок донных беспозвоночных в зоопланктоне (по численности) в течение года варьирует от 3 до 74% с минимальным содержанием (3–10%) со второй половины декабря по март и максимальным – с апреля по ноябрь (15–74%).

7. Основным фактором, определяющим межгодовую изменчивость плотности меропланктона, является температурный. Вторым важным фактор – соленость. В результате опреснения поверхностных вод возникает плотностная стратификация, препятствующая равномерному прогреву всей толщи вод. Прямое влияние солености на пелагических личинок донных беспозвоночных отмечается при значениях ниже 18‰.

8. В загрязненных акваториях меропланктон характеризуется высокими показателями плотности и видового разнообразия и обеспечивает в них достаточный репродуктивный потенциал. Однако в загрязненных районах резко доминируют личинки эврибионтных видов: полихет родов *Polydora* и *Pseudopolydora*, усонного рака *B. crenatus* и двустворчатого моллюска *M. trossulus*.

9. Меропланктон зал. Петра Великого характеризуется высокими показателями плотности и видового богатства, сопоставимыми с таковыми других прибрежных районов бореальной зоны Мирового океана. Во всех прибрежных акваториях бореальной зоны Мирового океана видовое богатство и плотность меропланктона возрастают летом, при этом в низких широтах за счет личинок *Bivalvia*, *Gastropoda* и *Echinodermata*, а в высоких широтах – *Polychaeta* и *Cirripedia*.

ОСНОВНЫЕ РАБОТЫ, ОПУБЛИКОВАННЫЕ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Куликова В.А., Омеляненко В.А., Погодин А.Г. Годовая динамика меропланктона в северной мелководной части Амурского залива (залив Петра Великого Японского моря) // Биол. моря 1999. Т. 25, № 2. С. 131–132.

Куликова В.А., Омеляненко В.А. Размножение и личиночное развитие брюхоногого моллюска *Tegula rustica* в заливе Петра Великого Японского моря // Биол. моря. 2000. Т. 26, № 2. С. 124-126.

Куликова В.А., Омеляненко В.А., Айздайчер Н.А. Размножение и развитие брюхоногого моллюска *Alaba vladivostkensis* в заливе Восток Японского моря // Биол. моря. 2000. Т. 26, № 5. С. 348-350

Омеляненко В.А., Куликова В.А. Состав и сезонная динамика численности личинок усоногих раков в мелководной части Амурского залива (залив Петра Великого Японского моря) // Изв. ТИНРО. 2000. Т. 127. С. 301–311.

Kulikova V.A., Omelyanenko V.A., Propp L.N. Coastal meroplankton of Peter the Great bay (Sea of Japan) under conditions of pollution // Intern. Symposium on Oceanography of the East Marginal Seas. 2001. Vladivostok. Russia. P. 269-276.

Омеляненко В.А., Куликова В.А. Состав, сезонная динамика и межгодовые изменения численности пелагических личинок полихет в Амурском заливе Японского моря // Биол. моря. 2002. Т. 28. № 5. С. 348-355.

Omelyanenko V.A., Kulikova V.A. Composition and seasonal dynamics of the number of meroplankton (Amursky Bay, Peter the Great Bay, Sea of Japan) // V Larval Biology Meeting. Conference program and book of abstracts. Universidade de Vigo, September 15-19, 2002. P. 74-75.

Омеляненко В.А., Куликова В.А. Современное состояние меропланктона залива Восток (залив Петра Великого Японского моря) // Международ. рабочего совещания по изучению глобальных изменений на Дальнем Востоке. Владивосток, 2–3 октября 2002 г. Владивосток: Дальнаука. 2002. С. 76–81.

Омеляненко В.А., Куликова В.А., Погодин А.Г. Меропланктон Амурского залива (залив Петра Великого Японского моря) // Биол. моря. 2004. Т. 30, № 3. С. 191-207.

Омеляненко В.А., Куликова В.А., Тарасов В.Г. Меропланктон бухты Гайдамак (зал. Восток, Японское море) в условиях загрязнения // Экология. 2004. № 2. С. 113-120.

Omelyanenko V.A., Kulikova V.A. Pelagic larvae of Bivalvia, Gastropoda and Echinoderms in Amursky Bay (Peter the Great Bay, Sea of Japan) // Workshop of the APN Project 2004–18 NMY “Climate variability and human activities in relation to Northeast Asian land–ocean interaction and their implications for coastal zone management”, Nanjing, Chine, December 3-6, 2004. P. 125-129.

Виктория Анатольевна ОМЕЛЬЯНЕНКО

ПРИБРЕЖНЫЙ МЕРОПЛАНКТОН ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО
ЯПОНСКОГО МОРЯ

Автореферат