

*Библиотека*

На правах рукописи

*УДК 595.34 (282.257.59)(265.54)*

КАСЬЯН Валентина Вадимовна

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, СТРУКТУРА И ДИНАМИКА ВЕСЛОНОГИХ  
РАКООБРАЗНЫХ (СОРЕРОДА) В АМУРСКОМ ЗАЛИВЕ ЯПОНСКОГО  
МОРЯ**

03.00.18 – гидробиология

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

*Касьян*

Владивосток – 2005

Работа выполнена в Лаборатории планктонологии Института биологии моря им.  
А.В. Жирмунского ДВО РАН

Научный руководитель

доктор биологических наук, старший научный сотрудник  
Чавтур Владимир Григорьевич

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук, старший научный сотрудник  
Богатов Виктор Всеволодович

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник  
Чучукало Валерий Иванович

Ведущая организация Зоологический институт РАН

Защита состоится «15» марта 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.  
А.В. Жирмунского ДВО РАН

Автореферат разослан «7» февраля 2006 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,

кандидат биологических наук

*Е.Е. Костина*

Е.Е. Костина

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. Свободноживущие морские веслоногие ракообразные (или копеподы) играют огромную роль в экономике моря, являясь трофическим звеном между фитопланктоном и рыбами, а населяя практически все биотопы пелагиали морей и океанов, они представляют интерес в целях биоиндикации вод.

Большое значение в последнее время приобретают исследования биоты неритических вод, что обусловлено интенсивным прибрежным рыболовством с одной стороны, а с другой – все большим антропогенным воздействием на экосистемы. В этом отношении Амурский залив как исследовательский полигон имеет особый интерес, поскольку является местом нагула и нереста ряда промысловых рыб и в то же время расположен в зоне активного водопользования и загрязнения промышленными, коммунальными и бытовыми сбросами.

До сих пор не существует научных работ, которые бы давали цельное представление о структуре, распределении и сезонных изменениях зоопланктонных сообществ Амурского залива, являющихся кормовой базой населения пелагиали и определяющих его облик и динамику.

Настоящая работа, в определенной мере, восполняет этот пробел. Изучен характер пространственно-временной изменчивости в сообществе копепод, и показана их роль в сезонной динамике зоопланктона в исследуемой акватории.

Цель и задачи исследования. Цель настоящей работы – исследовать пространственно-временную изменчивость фауны веслоногих ракообразных и выявить их роль в зоопланктоне неритических вод южного Приморья на примере Амурского залива.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- изучить особенности количественного распределения веслоногих ракообразных в различных биотопах Амурского залива;
- выявить характер сезонной динамики количественных показателей и возрастной структуры популяций массовых видов копепод;
- исследовать сезонное распределение фауны Copepoda и изменение ее структуры на акватории Амурского залива;



– выяснить закономерности распределения и динамики экологических групп зоопланктона (меропланктон, голопланктон) и отдельных систематических групп (Cladocera, Chaetognatha и др.);

– определить роль *Soropoda* и его массовых видов в сезонной динамике зоопланктона Амурского залива;

– изучить характер изменения количественных и качественных показателей структуры зоопланктона и его основного компонента – *Soropoda* в условиях загрязненных вод.

Научная новизна. Впервые изучен характер пространственно-временной изменчивости количественного содержания веслоногих ракообразных в целом и его отдельных видов в различных биотопах Амурского залива. Определены особенности сезонной динамики количественных показателей и возрастной структуры популяций массовых видов копепод. Выявлена пространственная картина распределения фауны *Soropoda* и сезонная динамика ее структуры (таксономическая, экологическая и биогеографическая) на акватории залива. Установлены закономерности распределения и динамики зоопланктона, отдельных систематических групп голопланктона и меропланктона. Определена роль *Soropoda* в сезонной динамике зоопланктона Амурского залива. Выяснен характер изменения количественных и качественных показателей структуры *Soropoda* в условиях загрязненных вод.

Практическое значение. Установленные закономерности распределения и сезонной динамики веслоногих ракообразных могут представлять интерес для биомониторинга вод Амурского залива, поскольку исследования проводились в период наибольшей антропогенной нагрузки на залив, а кроме того, для определения сроков и районов формирования кормовых полей прибрежных рыб.

Апробация работы. Результаты исследования и основные положения работы были представлены на Международной научной конференции "Водная экология на заре XXI века" (Санкт-Петербург, 2005), на ежегодных научных конференциях ИБМ ДВО РАН (Владивосток, 2002, 2003), на Гидробиологическом семинаре ИБМ ДВО РАН (Владивосток, 2005) и на научных семинарах лаборатории планктонологии (Владивосток, 2003, 2004, 2005).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 5 работ.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 158 страницах, состоит из введения, 9 глав, выводов и списка литературы, включает 5 таблиц и 54 рисунка, а также оснащена 24 приложениями, объемом 91 страница. Список литературы содержит 236 наименований источников, из которых 94 на иностранном языке.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Глава 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Планктону Японского моря посвящено значительное количество публикаций, касающихся в основном его открытых вод, тогда как о планктоне неритической зоны имеются лишь немногочисленные сведения. В главе сделан обзор литературы по результатам гидробиологических исследований в Японском море, у берегов Приморья, в частности в Амурском заливе. Показана важность изучения особенностей распределения, сезонной динамики неритического планктона и биологии массовых видов.

### Глава 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

На основе литературных данных, приведены краткая физико-географическая характеристика Амурского залива и особенности его гидрологических и гидрохимических условий.

### Глава 3. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для настоящей работы послужили первичные данные обработки проб (видовые списки зоопланктона и его численность), собранных сотрудниками Института биологии моря ДВО РАН с мая по ноябрь 1991 г. на акватории Амурского залива Японского моря (рис. 1).

Сбор планктона проводился модифицированной моделью планктонной сети "Норпак" с интервалом 10–15 дней. В мелководной части залива облавливался слой дно–поверхность, а в глубоководной его части – до 20 (30) м при общей глубине до 60 м. Измерения температуры и солености воды проводились у нижнего горизонта лова и у поверхности воды. Всего было собрано и проанализировано 290 проб. Определение качественного состава голопланктона (с учетом стадий развития

веслоногих ракообразных) и количественный подсчет его особей проводился сотрудниками лаборатории планктонологии, в соответствии со стандартными гидробиологическими методиками.

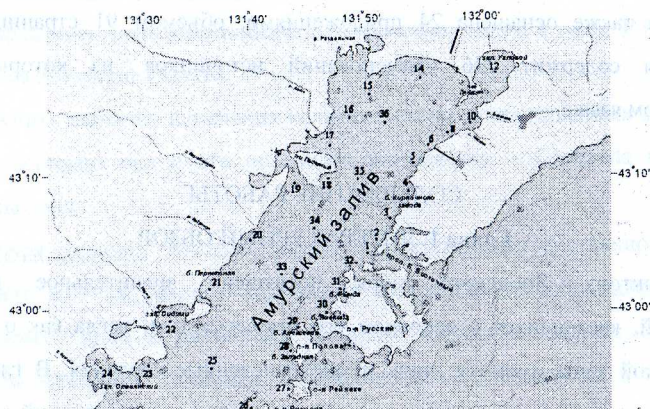


Рис. 1. Карта-схема района исследований. 1–36 – номера станций

Совместно с сотрудником ТИПРО-центра Б.Б. Борисовым, автором проведено сравнительно-морфологическое исследование вида, который ранее для вод южного Приморья указывался как *Acartia clausi*. В результате этой работы он был отнесен к виду *A. hudsonica*.

Для выявления особенностей распределения веслоногих ракообразных в Амурском заливе выполнено сравнение их постанционных видовых списков в период исследований методом Уорда (Ward) с использованием в качестве меры процент несогласия накопленных различий. С помощью этого метода акватория Амурского залива разделилась на два района. Первый охватывал всю северную мелководную часть и юго-западное побережье залива (ст. 4–22). Второй находился в зоне влияния открытых вод зал. Петра Великого и включал глубоководную (центральную) часть Амурского залива, юго-восточное побережье и южный участок западного побережья (ст. 1–3, 23–36). В тексте диссертации выделенные районы обозначены как "северный мелководный" и "южный глубоководный".

При оценке "степени" зависимости или связанности определяющих факторов (температура и соленость) с изменением плотности зоопланктона использован коэффициент детерминации ( $R^2$ ), который вычисляется как отношение факторной дисперсии к общей дисперсии по формуле:

$$R^2 = \sigma_y^2 / \sigma^2$$

Общая дисперсия ( $\sigma^2$ ) определяется как сумма квадратов отклонений фактических значений ( $y_i$ ) от их среднего значения ( $y$ ), т. е. по формуле:  $\sigma^2 = \sum (y_i - y)^2$ . Факторная дисперсия ( $\sigma_y^2$ ) вычисляется как разность между общей ( $\sigma^2$ ) и остаточной ( $\sigma_e^2$ ) дисперсиями, при этом остаточная дисперсия ( $\sigma_e^2$ ) вычисляется как сумма квадратов отклонений фактических значений ( $y_i$ ) от теоретических ( $Y$ ), т. е. по формуле:  $\sigma_e^2 = \sum (y_i - Y)^2$ .

Для установления меры разброса или variability (изменчивости) данных в выборке применяли стандартное отклонение и доверительный интервал для среднего. Стандартное отклонение популяции определялось по формуле:

$$\alpha = [\sum (x_i - \mu)^2 / N]^{1/2},$$

где  $\mu$  – среднее популяции,  $N$  – размер популяции.

Для оценки плотности популяций и роли планктонов в сообществе рассчитывали частоту встречаемости  $R$ , % ( $R = n/N * 100$ , где  $n$  – число станций, на которых обнаружен вид,  $N$  – общее число станций) и индекс доминирования (Константинов, 1986)  $ID$ , % ( $ID = p/P * 100$ , где  $p$  – средняя плотность таксона,  $P$  – средняя плотность всего зоопланктона).

При характеристике структуры биоценоза использовали индекс видового разнообразия Шеннона ( $H$ ) (Shannon, Weaver, 1963) и индекс видового богатства Маргалефа ( $D$ ) (Margalef, 1974):

$$H = -\sum_{i=1}^{Z_1} a_i * \ln a_i, \quad D = (Z_2 - 1) * \log N,$$

где  $Z_1$  – количество особей в сообществе,  $a_i$  – значимость вида в долях от общей численности всех видов,  $Z_2$  – число видов,  $N$  – число особей.

#### Глава 4. ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И СТРУКТУРА ФАУНЫ СОРЕПОДА

В период наблюдений в Амурском заливе было отмечено 23 вида веслоногих ракообразных, из которых 18 относятся к отр. Calanoida (10 семейств), 1 – к отр. Pоеcilostomatoida (сем. Corycaeidae), 4 – к отр. Cyclopoida (сем. Oithonidae) и вид или виды не идентифицированы – к отр. Harpacticoida. Обнаруженные виды в основном были представлены неритическим комплексом (61%), а другие принадлежали к группам панталассных (22%) и океанических (17%) пелагических организмов (табл. 1).

глубоководной – уже во второй половине октября наблюдалось сокращение числа видов (рис. 4).

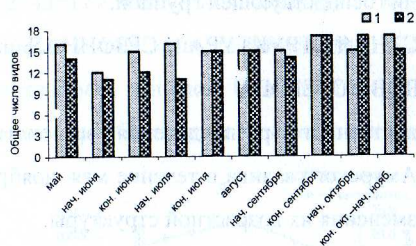


Рис. 4. Сезонное изменение общего числа видов копепод в мелководном северном (1) и глубоководном южном (2) районах Амурского залива

Сопоставив сезонную динамику качественного состава веслоногих ракообразных в сравниваемых районах, было отмечено следующее: перестройка фаунистической структуры в мелководной северной части залива начиналась уже в самом начале лета, прежде всего за счет исчезновения из планктона холодноводных видов, замещающихся тепловодным комплексом, тогда как в глубоководной южной части этот процесс запаздывал (рис. 5).

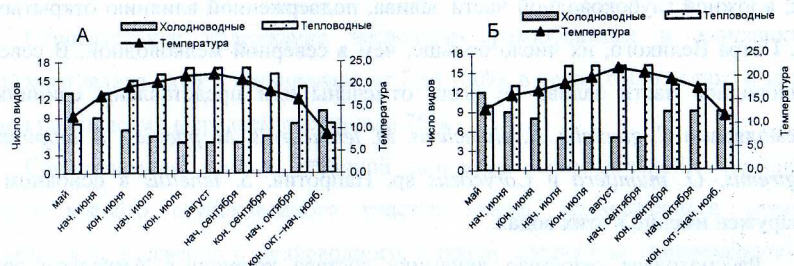


Рис. 5. Сезонное изменение числа холодноводных (умеренно-холодноводных) и тепловодных видов в мелководном северном (А) и глубоководном южном (Б) районах Амурского залива

Это явление, по-видимому, можно объяснить следующим: по мере увеличения температуры воды в заливе холодноводные виды исчезали из его северной мелководной части, мигрируя в южные глубоководные районы с низкой температурой воды. Осенью с выхолаживанием вод эти виды поднимались в слой, подстилающие поверхностные воды (где сохранился еще полный "летний" видовой набор веслоногих ракообразных). В результате облова этих слоев и был отмечен максимум числа видов, который приходился на вторую половину сентября. В это время температура воды у поверхности еще 18–20°C, тогда как на глубине 20–30 м она была уже 14°C, что и благоприятствовало появлению здесь (хотя еще и в малых

количествах) холодноводных видов копепод. А с последующим понижением температуры воды в заливе эти виды распространились и в северной мелководной части, где в конце октября – ноябре и был отмечен максимум числа копепод.

Кластерный анализ состава веслоногих ракообразных в Амурском заливе в период наблюдений показал различия в их фаунистической структуре. Так, в северной мелководной части залива, где прогрев вод в летний период шел интенсивней, процесс перестройки фауны копепод и приобретения ею тепловодного характера заметен уже в начале июня, а в конце наблюдений (ноябрь) она состояла в основном уже из холодноводных видов, тогда как в глубоководном районе перестройка на "летний облик" наблюдалась лишь со второй половины июня и до конца наблюдений имела тепловодный характер (рис. 6).

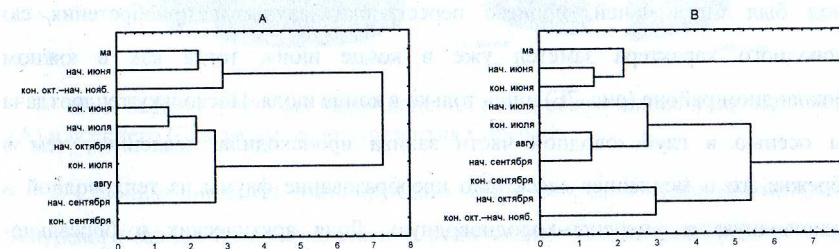


Рис. 6. Дендрограмма сходства фаунистического состава Copepoda в период наблюдений в мелководной северной (А) и глубоководной южной (В) частях Амурского залива. По оси ординат – дистанция присоединения (или межвыборочная дисперсия)

Биогеографическая структура веслоногих ракообразных в Амурском заливе в исследуемый период также изменялась. И на мелководье и в глубоководной части залива в начале наблюдений основу фауны составляли бореально-арктические и бореальные виды (80–85%). По мере прогрева вод в заливе доля этих видов в планктоне снижалась, и преобладающим становился тепловодный комплекс: тропическо (субтропическо-) -бореальные, тропическо-субтропические, тропические и субтропические. Максимальная доля (61–64%) тепловодных копепод в пелагиали Амурского залива была отмечена в наиболее теплый период – в начале сентября. А осенью с наступлением выхолаживания вод снижалось количество тепловодных веслоногих и, напротив, увеличивалась доля холодноводных видов (рис. 7).

Иная ситуация наблюдалась в глубоководной южной части залива (рис. 9Б). В первой половине наблюдений доля неритического вида *A. hudsonica* здесь была существенно ниже (30–40%), чем в мелководном районе, тогда как относительное содержание панталассных видов *P. newmani* и *O. similis* – значительное (по 20–30%), а в теплый период (конец лета – начало осени) наиболее массовым видом был не прибрежный *O. brevicornis*, а панталассный *P. parvus* (60%).

#### Глава 8. РОЛЬ ОТДЕЛЬНЫХ СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ГРУПП ЗООПЛАНКТОНА В ЕГО СЕЗОННОЙ ДИНАМИКЕ

Основу зоопланктона в Амурском заливе в течение всего периода наблюдений составлял голопланктон. Его доля варьировала в отдельные сезоны от 1.3 (ст. 6, июль) до 100% (ст. 12, октябрь), а в среднем за весь период наблюдений была 80%. Относительное содержание голопланктона в основном было выше в южной глубоководной части залива. Это обусловлено тем, что в зоопланктоне северной мелководной части залива наблюдалось наибольшее относительное содержание меропланктона, тогда как в южной глубоководной части его доля была незначительной.

В течение периода исследований в развитии голопланктона Амурского залива проявлялся двухвершинный ход с максимумами плотности в начале лета и осенью, причем с опережением в северной его части, где прогрев и выхолаживание вод наблюдались раньше (рис. 10).

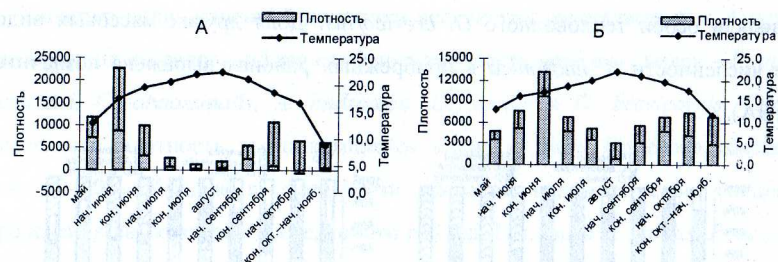


Рис. 10. Изменение средних значений плотности (экз/м<sup>3</sup>) голопланктона в северном мелководном (А) и южном глубоководном (Б) районах Амурского залива

Основными компонентами в зоопланктоне исследуемого района в период наблюдений были веслоногие ракообразные (Copepoda), ветвистоусые (Cladocera), аппендикулярии (Appendicularia) и щетинкочелюстные (Chaetognatha). Содержание в пелагиали залива планктонов других групп составляло в основном менее 1%.

Лидирующей группой в голопланктоне залива почти всегда были копеподы. В течение периода исследований они дважды снижали относительную плотность, что особенно было заметно в северной мелководной части залива (рис. 11). Первое снижение относительного содержания Copepoda в водной толще залива сопровождалось увеличением доли сначала Cladocera, а затем и Chaetognatha; второе (более значительное) – в основном увеличением Cladocera, а в южной глубоководной части – Appendicularia.

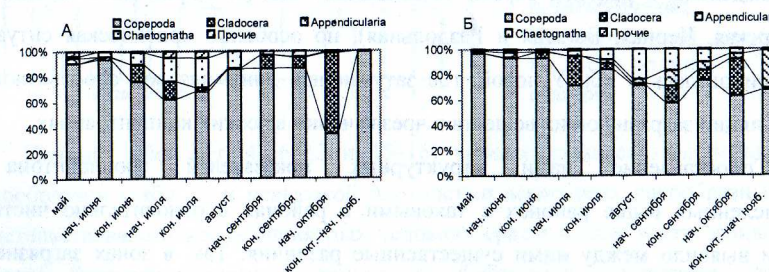


Рис. 11. Соотношение основных таксонов голопланктона в мелководном северном (А) и глубоководном южном (Б) районах Амурского залива

Если говорить о роли отдельных групп голопланктона в Амурском заливе, то картина будет следующей. В течение всего периода наблюдений на акватории залива в количественном отношении "господствовали" копеподы (кроме октября в северной мелководной части) (рис. 11). Вторая по численности в голопланктоне группа Cladocera появилась только в конце мая в прибрежье, а уже в июне они оккупировали всю пелагиаль залива вплоть до октября. В конце наблюдений ветвистоусые встречались только в южной глубоководной части залива. Наибольшее развитие представители этой группы достигали в начале октября в прибрежье, где их средняя относительная плотность была 60%. Щетинкочелюстные в теплый период также играли в планктоне значительную роль. В конце июля в северной мелководной части залива, а в августе и в южной части акватории, их относительное содержание составляло почти четверть от всего зоопланктона. Аппендикулярии присутствовали практически на всей акватории Амурского залива, и лишь когда температура воды стала относительно низкой (5–10°C – в северной мелководной части залива), они встречались только в его южной глубоководной части.

Таблица 1  
Состав, биогеографическая и экологическая характеристики Copepoda в Амурском заливе

Таксоны	Биогеографическая и экологическая характеристики
Класс Maxillopoda Dahl, 1956 Подкласс Copepoda Milne-Edwards, 1840 Надотряд Gymnoplea Giesbrecht, 1882 Отряд Calanoida Sars, 1903 Сем. Calanidae, Dana, 1846	
<i>Calanus glacialis</i> Jaschnov, 1955	Арктический, интерзональный, панталассный, морской
<i>Neocalanus plumchrus</i> Marukawa, 1921	Тихоокеанский приазиатский широкобореальный, интерзональный, океанический, морской
<i>Mesocalanus tenuicornis</i> Dana, 1849	Циркумтропический субтропический, эпипелагический, океанический, морской
Сем. Paracalanidae Giesbrecht, 1893	
<i>Paracalanus parvus</i> (Claus, 1863)	Циркумтропический низкобореальный, эпипелагический, панталассный, морской
Сем. Pseudocalanidae Boeck, 1872	
<i>Pseudocalanus minutus</i> (Kroyer, 1845)	Широкобореально-арктический, эпипелагический, панталассный, морской
<i>P. newmani</i> Frost, 1989	Широкобореально-арктический, эпипелагический, панталассный, морской
Сем. Temoridae Giesbrecht, 1893	
<i>Eurytemora pacifica</i> Sato, 1913	Тихоокеанский приазиатский бореально-арктический, неритический, эвригалинный
Сем. Centropagidae Giesbrecht, 1893	
<i>Centropages abdominalis</i> Sato, 1913	Тихоокеанский приазиатский субтропическо-широкобореальный, неритический, морской
<i>C. tenuiremis</i> Thompson et Scott, 1903	Циркумтропический, неритический, морской
<i>Sinocalanus tenellus</i> (Kikuchi, 1928)	Тихоокеанский приазиатский низкобореальный, неритический, эвригалинный
Сем. Metridinidae Sars, 1902	
<i>Metridia pacifica</i> Brodsky, 1950	Амфиацифический широкобореальный, интерзональный, океанический, морской
Сем. Pseudodiaptomidae Sars, 1902	
<i>Pseudodiaptomus marinus</i> Sato, 1913	Тихоокеанский приазиатский субтропическо-низкобореальный, неритический, эвригалинный
Сем. Pontellidae Dana, 1852	
<i>Labidocera bipinnata</i> Tanaka, 1936	Тихоокеанский приазиатский субтропический, неритический, морской
Сем. Acartiidae Sars, 1900	
<i>Acartia longiremis</i> Lilljeborg, 1853	Широкобореально-арктический, неритический, морской
<i>A. hudsonica</i> Pinhey, 1926	Бореально-арктический, неритический, морской
<i>A. umida</i> Willey, 1920	Амфиацифический широкобореальный, неритический, эвригалинный
<i>A. pacifica</i> Steuer, 1915	Индо-тихоокеанский приазиатский тропическо-субтропический, неритический, эвригалинный
Сем. Tortanidae Sars, 1902	
<i>Tortanus discaudatus</i> (Thompson et Scott, 1897)	Аркто-бореальный, неритический, морской
отр. Cyclopoidea сем. Oithonidae	
<i>Oithona similis</i> Claus, 1866	Циркумтропический низкобореально-нотальный, неритический, морской
<i>O. plumifera</i> Baird, 1843	Широкобореально-арктический, эпипелагический, панталассный, морской
<i>O. nana</i> Giesbrecht, 1892	Циркумтропический, эпипелагический, океанический, морской
<i>O. brevicornis</i> Giesbrecht, 1891	Циркумтропический низкобореальный, неритический, морской
отр. Poecilostomatoida сем. Corycaeidae	
<i>Corycaeus</i> sp.	Тропическо-субтропический, океанический

Биогеографическая структура фауны Copepoda в течение периода наблюдений была неоднородна, но в целом выглядела следующим образом: основную долю составляли бореальные виды (31%) и бореально-арктические (26%), далее – тропические (или субтропические, или тропическо-субтропические) (22%), тропическо- или субтропическо-бореальные (17%) и наконец, арктические (4%) копепоиды.

## Глава 5. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЗООПЛАНКТОНА, ЕГО ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП И ТАКСОЦЕНОВ

В главе изложены результаты изучения особенностей сезонного распределения зоопланктона и отдельных систематических групп голопланктона (Cladocera, Chaetognatha, Amphipoda, Mysidacea, Pteropoda, Euphausiacea, Hydrozoa, Appendicularia и Copepoda), а также меропланктона. Основное внимание в этом разделе было уделено группе веслоногих ракообразных (Copepoda).

Основу зоопланктона в Амурском заливе в период наблюдений составлял голопланктон, где главным (по обилию) компонентом были веслоногие ракообразные. Поэтому особенности их распределения и характер сезонной динамики в основном и определяли общую картину пространственно-временных изменений всего зоопланктона. В начале периода наблюдений (май) численность копепоид сначала возрастала, достигая максимума в начале лета (июнь), затем уменьшалась, образуя выраженный минимум во второй половине лета, а осенью (конец сентября) вновь было отмечено их массовое развитие, но с меньшими количественными показателями, чем в первой половине лета. Отмечено, что массовое развитие копепоид начиналось раньше в северной мелководной части залива и затем, по мере повышения или понижения температуры воды, оно сдвигалось на юг – в сторону открытых вод.

Так, в северном мелководном районе наибольшее значение средней плотности веслоногих ракообразных ( $22002 \pm 303$  экз/м<sup>3</sup>) было зарегистрировано в начале июня при температуре воды 17°C. Летом их плотность сократилась и в период максимального прогрева вод (22°C и более) была наименьшей. С наступлением осени, когда температура воды снизилась до 17–18°C, численность копепоид в планктоне исследуемой части акватории вновь возросла и к концу сентября достигла максимальной отметки ( $9414 \pm 208$  экз/м<sup>3</sup>) (рис. 2А).

В южном глубоководном районе вода прогрелась до 17°C лишь к концу июля, когда и была отмечена наибольшая величина средней плотности *Copepoda* ( $12543 \pm 119$  экз/м<sup>3</sup>). В последующем ход динамики был таким же, как и в первом районе, с той лишь разницей, что в летний период (июль – начало сентября) численность копепод была выше, чем в мелководной части залива, что, по-видимому, объясняется здесь меньшим прогревом вод (рис. 2Б).

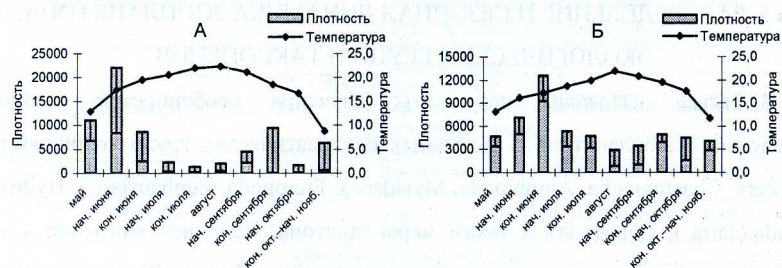


Рис. 2. Изменение средних значений плотности (экз/м<sup>3</sup>) *Copepoda* в северном мелководном (А) и южном глубоководном (Б) районах Амурского залива

Относительное содержание веслоногих ракообразных в зоопланктоне Амурского залива, хотя и варьировало от 7 до 100%, в целом было велико и за весь период наблюдений в среднем составляло 75%.

Сопоставление данных сезонной динамики относительной численности копепод южного глубоководного участка залива, подверженного влиянию открытых вод, и северного мелководного, выявило следующие закономерности: в начале наблюдений в планктоне исследуемых районов доля копепод была примерно одинакова, летом и в начале осени их содержание увеличивалось от северного мелководья в сторону южных глубоководных участков (рис. 3).

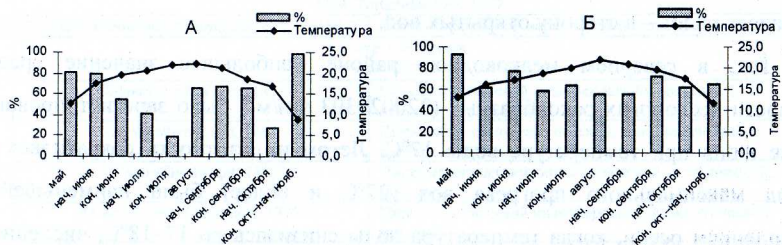


Рис. 3. Сезонная динамика относительного содержания (%) *Copepoda* в зоопланктоне северного мелководного (А) и южного глубоководного (Б) районах Амурского залива в период наблюдений

Во второй половине осени с выхолаживанием водной толщи залива отмечено снижение относительного содержания веслоногих в южной части акватории, тогда как в северной мелководной копеподы стали господствующей группой.

## Глава 6. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА И СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ВИДОВ СОПЕРОДА

Рассмотрены особенности пространственного распределения веслоногих ракообразных, отмеченных на акватории Амурского залива в течение мая–ноября. Для массовых видов копепод дан анализ изменения их возрастной структуры.

## Глава 7. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ФАУНЫ СОПЕРОДА

### 7. 1. Распределение и динамика структуры фауны *Copepoda*

Число видов *Copepoda*, встреченных на акватории залива в течение периода наблюдений, менялось незначительно, в пределах 14–23 видов. Тем не менее, определенная закономерность их количественного распределения наблюдалась. Так, в южной глубоководной части залива, подверженной влиянию открытых вод зал. Петра Великого, их число больше, чем в северной мелководной. В северной мелководной части залива не были отмечены или представлены единичными экземплярами *C. glacialis*, *N. plumchrus*, *M. tenuicornis*, *M. pacifica*, *L. bippinata*, *A. longiremis*, *O. plumifera* и *Corycaeus* sp. Напротив, *S. tenellus* в основном был обнаружен именно в этих водах.

Рассматривая сезонную динамику состава копепод в Амурском заливе, установлено, что в мелководной северной части залива общее число видов копепод с наступлением лета (июнь) уменьшилось за счет исчезновения из планктона холодноводных видов. К концу июня здесь уже появлялись виды тепловодного комплекса, и видовое богатство становилось более полным, которое и сохранилось вплоть по ноябрь.

В южном глубоководном районе залива, как и в северном, также наблюдалось снижение общего числа видов с наступлением лета, а затем их увеличение. Но если в северном районе их максимальный набор был зарегистрирован уже к концу июня, то в южном глубоководном это было отмечено лишь к концу июля. Кроме того, в северной части залива этот максимум проявлялся вплоть до конца наблюдений (ноябрь), тогда как в южной



## Глава 9. ЗООПЛАНКТОН И СОРЕРОДА КАК ОСНОВНОЙ ЕГО КОМПОНЕНТ В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ВОД АМУРСКОГО ЗАЛИВА

В период наших исследований (1991 г.) экологическое состояние вод Амурского залива в результате их загрязнения оценивалось (по данным ДВНИГМИ, ТИНРО-центра, институтов ДВО РАН и ДВГУ) как "предкризисное", а в кутовой его части – "катастрофическое". Наибольшие экологические аномалии были выделены в районах сброса неочищенных вод (б. Кирпичного завода, рек Пионерская, Черная, Богатая и Раздольная), но особенно критическая ситуация регистрировалась в зал. Угловой, где затухающая динамика вод способствовала аккумуляции загрязняющих веществ в чрезвычайно высоких концентрациях.

Сопоставление нами структурных показателей зоопланктона в перечисленных выше районах с таковыми в районах с относительно чистыми водами выявило между ними существенные различия. Так, в зонах загрязнения показатели плотности и биомассы зоопланктона, как и Сорерода, были значительно ниже, чем в других районах Амурского залива (рис. 12).

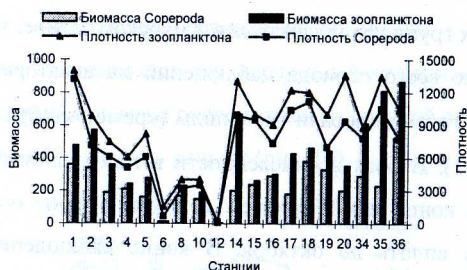


Рис. 12. Изменение плотности (экз/м<sup>3</sup>) и биомассы (мг/м<sup>3</sup>) зоопланктона и Сорерода в Амурском заливе в весенне-осенний период

Такие же изменения наблюдались и на примере отдельных систематических групп голопланктона (*Cladocera*, *Chaetognatha*) и меропланктона (личинки *Echinodermata*).

Анализ возрастной структуры веслоногих ракообразных показал, что, например, у *P. newmani*, *A. hudsonica* и *P. parvus* в период их максимальной плотности в планктоне залива доля младших копепоидов (I–III стадий) была незначительной или они вообще отсутствовали в районах экологического неблагополучия. Кроме того, здесь отмечалось снижение числа видов Сорерода и систематических групп голопланктона.

На основе сходства фаунистического состава копепод методом кластеризации северная мелководная часть Амурского залива разделилась на два района, различающиеся по таксономической структуре (рис. 13).

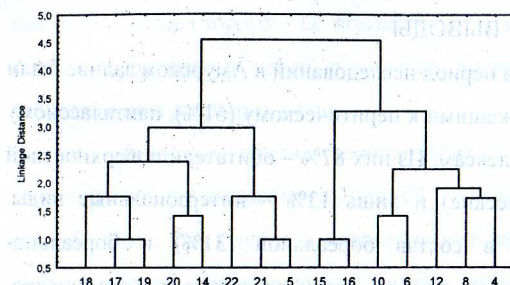


Рис. 13. Дендрограмма сходства фаунистического состава Сорерода северной мелководной части Амурского залива. По оси абсцисс – дистанция присоединения (или межвыборочная дисперсия), по оси ординат – номер станции

Первый район (ст. 4, 6–12 и 15–16) характеризовался низким видовым разнообразием (табл. 2) и невысокой плотностью веслоногих ракообразных. Это свидетельствовало о неблагоприятных условиях среды в этой части залива, т. к. согласно биоценотическому принципу А. Тинеманна, показатели видового разнообразия снижаются тогда, когда среда обитания неблагоприятна, и сравнительно высоки при благоприятных условиях. Второй (ст. 5, 14 и 17–22) район отличался от предыдущего большими показателями плотности и видового разнообразия копепод (табл. 2).

Таблица 2

Характеристики структуры фауны копепод северной части Амурского залива

Район	Индекс видового богатства Маргалефа	Индекс видового разнообразия Шеннона
р. Вторая Речка (ст. 4)	1,118	2,178
р. Пионерская (ст. 6)	1,131	2,068
р. Черная (ст. 8)	1,184	2,013
р. Богатая (ст. 10)	1,155	2,077
зал. Угловой (ст. 12)	0,930	1,977
вблизи устья р. Раздольная (ст. 15)	1,403	2,221
вблизи устья р. Раздольная (ст. 16)	1,437	2,240
зона искусственного рифа (ст. 14)	2,854	2,583
б. Перевозная (ст. 21)	2,920	2,607

Таким образом, в северо-восточном районе Амурского залива в зоне устойчивого загрязнения у веслоногих ракообразных наблюдалось снижение количественных показателей (плотность, биомасса), уменьшение числа видов и изменение возрастной структуры популяций (на примере массовых видов *P.*

*newmani*, *P. parvus* и *A. hudsonica*) в сторону увеличения старших копепоидов и половозрелых особей. Снижение плотности также характерно для всего зоопланктона, отдельных систематических групп голопланктона и меропланктона.

#### ВЫВОДЫ

1. Веслоногие ракообразные в период исследований в Амурском заливе были представлены 23 видами, принадлежащими к неритическому (61%), панталассному (22%) и океаническому (17%) комплексам. Из них 87% – обитатели поверхностной зоны (неритические и эпипелагические) и лишь 13% – интерзональные виды. Основная доля копепоидов входит в состав бореальной (31%) и бореально-арктической (26%) групп, в меньшей степени здесь представлены тропическо-субтропические (22%), тропическо- или субтропическо-бореальные (17%) и, наконец, арктические (4%) виды.

2. В сезонной динамике копепоидов наблюдалось два пика развития – в начале лета (наибольший), и начале осени – обусловленные разными комплексами видов: в первом случае – *Pseudocalanus newmani*, *Centropages abdominalis*, *Acartia hudsonica*, *Oithona similis*, во втором – *Paracalanus parvus*, *C. tenuiremis*, *Acartia pacifica*, *A. hudsonica*, *Oithona brevicornis*, *O. similis*. В северной мелководной части Амурского залива они приходились на более ранние сроки, чем в южной глубоководной. Плотность популяций Copepoda на акватории залива убывала по направлению с севера на юг.

3. В южной глубоководной части залива, где сказывается влияние открытых вод зал. Петра Великого, видовой состав копепоидов богаче, чем в северной мелководной. Перестройка фаунистической структуры веслоногих наступала раньше в северной мелководной части за счет исчезновения холодноводных видов, замещающихся на тепловодный комплекс, тогда как в южной глубоководной этот процесс запаздывал. Содержание тепловодных видов в сравниваемых районах залива примерно сходное. Доля бореально-арктических видов выше в пелагиали открытых районов залива, чем в прибрежье.

4. Характер количественной динамики Copepoda (как и всего зоопланктона) определяли всего шесть массовых видов веслоногих, суммарная доля которых по численности в таксоценозе составляла обычно 80–90%. Каждый из них в отдельности имел свою специфику динамики и распределения на акватории залива: *P. parvus*, *P.*

*newmani*, *C. abdominalis* и *O. similis* предпочитали открытые воды, а *A. hudsonica* и *O. brevicornis* тяготели к прибрежью. В период первого максимума самым массовым видом на мелководье был *A. hudsonica*, а в глубоководном районе – *O. similis*, во время второго – *O. brevicornis* и *P. parvus* соответственно. Наибольшие величины плотности этого комплекса видов были отмечены в прибрежных районах, а не в открытых водах.

5. Динамику обилия зоопланктона в районе исследований определял характер пространственно-временной изменчивости количества веслоногих ракообразных. Эта группа в планктоне являлась лидирующей по численности, и лишь в период значительного прогрева воды в отдельных районах прибрежья преобладали ветвистоусые ракообразные и представители ларватона, а осенью – щетинкочелюстные.

6. В северо-восточном районе Амурского залива (в зоне повышенной антропогенной нагрузки) у веслоногих ракообразных наблюдалось снижение количественных показателей (плотность, биомасса), уменьшение числа видов и изменение возрастной структуры популяции (на примере массовых видов *P. newmani*, *P. parvus* и *A. hudsonica*) в сторону увеличения старших копепоидов и половозрелых особей. Снижение плотности здесь характерно для всего зоопланктона, отдельных систематических групп голопланктона и меропланктона.

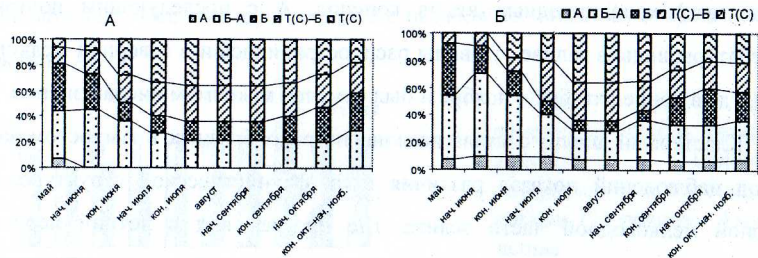


Рис. 7. Сезонное изменение структуры Copepoda в мелководном северном (А) и глубоководном южном (Б) районах Амурского залива. А – арктический, Б–А – бореально-арктический, Б – бореальный, Т(С)–Б – тропическо (или субтропическо-) -бореальный, Т(С) – субтропический, тропическо-субтропический

В северной мелководной части залива (рис. 7А), где прогрев вод в летний период был интенсивней, процесс перестройки фауны и приобретения ею тепловодного характера заметен уже в конце июня, тогда как в южном глубоководном районе (рис. 7Б) лишь только в конце июля. Поскольку теплоотдача воды осенью в глубоководной части залива происходила медленнее, чем в прибрежье, то и медленнее здесь шло преобразование фауны из тепловодной в холодноводную и умеренно-холодноводную. Доля арктических и бореально-арктических видов была выше в пелагиали открытых районов залива, чем у берегов.

#### 7. 2. Роль массовых видов в таксоцене Copepoda

Характер количественной динамики веслоногих ракообразных в Амурском заливе в период исследований определяли всего шесть массовых видов – *P. parvus*, *P. newmani*, *C. abdominalis*, *A. hudsonica*, *O. similis* и *O. brevicornis*. Средняя относительная плотность этого комплекса видов от всех Copepoda составляла обычно 80–90%. Каждый в отдельности массовый вид имел свою специфику распределения на акватории исследуемого района. Так, виды *P. parvus*, *P. newmani*, *C. abdominalis* и *O. similis* предпочитали южный мористый район залива, в то время как *A. hudsonica* и *O. brevicornis* – тяготели к прибрежью. Наибольшие величины плотности комплекса массовых видов в летний и осенний пики были зарегистрированы в северной мелководной части залива. Если самым массовым видом здесь в период летнего максимума был *A. hudsonica*, то в южном

глубоководном районе – *O. similis*, в период осеннего пика в первом районе – *O. brevicornis*, а во втором – *P. parvus* (рис. 8).

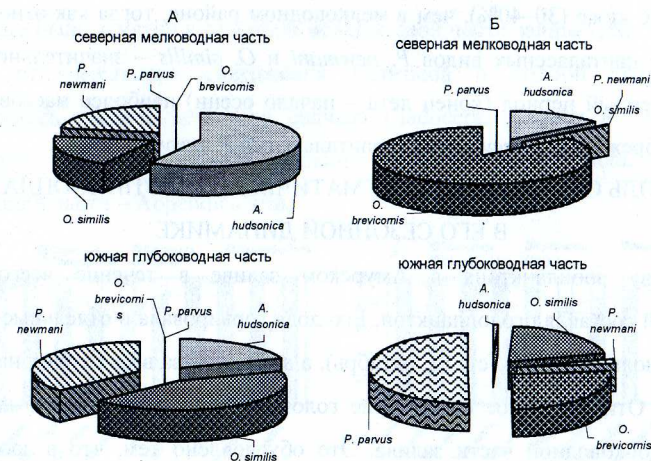


Рис. 8. Доля массовых видов копепод в Амурском заливе в периоды летнего (А) и осеннего (Б) максимального развития Copepoda

Сезонная динамика доминирующих видов копепод в сравниваемых районах Амурского залива также существенно различалась. Так, в северной мелководной части залива эврибионтный неритический *A. hudsonica* "господствовал" в мае–августе, достигая в первой половине августа 70% и более от всей численности Copepoda. В конце наблюдений (октябрь–ноябрь) такое же содержание здесь составляли особи тепловодного *O. brevicornis*. Доля других массовых видов на фоне численности *A. hudsonica* в прибрежных районах выражена незначительно (рис. 9А).

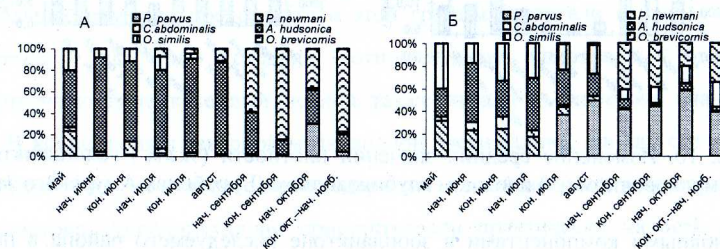


Рис. 9. Средняя относительная плотность (%) массовых видов копепод в мелководной северной (А) и глубоководной южной (Б) частях Амурского залива

Работы, опубликованные по теме диссертации:

Чавтур В.Г., Касьян В.В. Распределение и динамика *Pseudocalanus newmani* Frost (Copepoda: Calanoida) в Амурском заливе Японского моря // Изв. ТИНРО, 2002. Т. 130. С. 483–502.

Касьян В. В. Пространственное распределение и сезонная динамика *Oithona similis* (Copepoda: Cyclopoidea) в Амурском заливе Японского моря // Изв. ТИНРО, 2004. Т. 139. С. 271–281.

Касьян В. В. Распределение и сезонная динамика обилия *Centropages abdominalis* и *C. tenuiremis* (Copepoda) в Амурском заливе Японского моря // Биол. моря. 2004. Т. 30. №2. С. 105–113.

V. V. Kasyan Zooplankton and Copepoda as its main component in polluted and unpolluted waters of Amursky Bay of Sea of Japan // International Hydrobiological conference "Aquatic ecology at the dawn of XXI century" (abstract), Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences Russian Hydrobiological Society, St. Petersburg, RUSSIA, 2005, P. 36.

Чавтур В.Г., Касьян В.В. Распределение и сезонная динамика зоопланктона в Амурском заливе Японского моря. 1. Веслоногие ракообразные // Изв. ТИНРО, 2005. Т. 144. С. 312–349.

Касьян В

Распредел., структура и  
динамика веслоно-  
гих ракообразных...  
Автореферат

В.144-к

2005  
30--

КАСЬЯН

ДИНАМИКА ВЕСЛОНОГИХ  
ОМ ЗАЛИВЕ ЯПОНСКОГО МОРЯ

л. 1,0. Тираж 100 экз.  
.01.2006 г.  
ала заказчика.

О «Дальприбор».  
ородинская, 46/50,  
2-44)