

СЕЗОННАЯ И МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЗООПЛАНКТОНА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЙ 1995–1999 гг. В ПРОЛИВЕ ЛАПЕРУЗА (СОЯ) И ПРИЛЕЖАЩИХ ВОДАХ

И. Ю. Брагина

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

Структура и динамика планктонных сообществ является одним из наиболее важных факторов, влияющих на пространственно-временную динамику скопленных рыб, являющихся планктофагами на протяжении всего жизненного цикла либо на отдельных стадиях онтогенеза. К ним относятся, в частности, сельдь, минтай, терпуг, навага, лососевые — традиционные объекты промысла в водах Сахалина. Например, важность в рыбохозяйственных приложениях гидробиологических исследований состоит в определении динамики биомассы хищной группировки зоопланктона, лимитирующей численность как самого планктона, так и нектона, путем непосредственного выедания его на ранних стадиях развития и посредством создания в дальнейшем пищевой конкуренции для выживших особей, а также экологической структуры зоопланктона как показателя влияния основных водных масс на формирование его фауны (Bragina, 1999, 2000).

Зона взаимодействия субарктических и субтропических водных масс — пролив Лаперуза (Соя), представляет особый интерес в силу наличия фронтальной зоны, апвеллингов сезонного характера, антициклонической циркуляции в заливе Анива (Пищальник, Архипкин, 2000). Столь разнохарактерные океанологические условия, существующие на сравнительно небольшой по площади акватории, предопределяют и значительное разнообразие зоопланктона, неоднозначность реакции его компонентов на изменение условий среды и, предположительно, высокую биопродуктивность района.

Для оценки взаимного влияния двух упомянутых водных масс и их роли в формировании кормовой базы ряда промысловых рыб, обитающих в водах Японского моря и юго-западной котловины Охотского моря, необходимо рассматривать пролив Лаперуза (Соя) как единое целое с точки зрения биологических и океанологических процессов.

Наблюдения, ранее проводившиеся исследователями в северной части пролива Лаперуза (исключая зал. Анива), носили отрывочный характер (Бирюлин, 1954; Пономарева, 1954), а после 1978 г., кроме того, ограничивались российской (советской) исключительной экономической зоной (Сафронова, 1984).

Исследования японских специалистов в южной части пролива проводятся систематически (Kotori, Tsuji, 1987; Namaoka, 1990; Machida, 1996; Nagata et al. 1998) при применении весьма различных методик лова и определения биологических показателей.

Косвенными доказательствами кормности участка акватории вблизи скалы Камень Опасности и доводом в пользу проведения регулярных гидробиологических работ служили результаты обследований промысловых скоплений ассоциированного запаса песчанки *Ammodytes hexapterus* (Худя, 1984, 1990).

В 1995 г. обеспечение современным техническим оборудованием океанологических работ, развитие международного научного сотрудничества и появление у института собственного научно-исследовательского судна позволили начать реализацию совместного российско-японского проекта «Пролив Лаперуза» по изучению влияния абиотических факторов на формирование низких трофических уровней пролива Лаперуза (Соя) и сопредельных вод. Проект предусматривал одновременное проведение обеими сторонами (СахНИРО и Хоккайдской центральной рыбохозяйственной экспериментальной станцией) 4-х сезонных съемок, включающих измерение океанологических параметров, определение гидрохимических показателей, концентрации хлорофилла-«а», отбор проб фито-, ихтио- и зоопланктона.

Особый интерес к исследованиям в рамках проекта был вызван возможностью получения информации о состоянии среды и начальных звеньев пищевой цепи в объеме всей изучаемой акватории.

В 2000 г. японские коллеги предоставили в СахНИРО коллекцию проб зоопланктона, собранную в южной части пролива Лаперуза за период 1998–1999 гг. Их обработка вместе с материалами, полученными в российской зоне, позволила оценить состояние в целом сообществ зоопланктона в рассматриваемом районе.

Целью настоящей статьи явилось определение видовой, размерной, экологической структур зоопланктона, анализ их сезонной и межгодовой изменчивости, динамики общей биомассы, факторов возникновения зон повышенной плотности планктонных организмов.

Автор выражает искреннюю признательность собравшим и предоставившим для определения пробы зоопланктона ученым Hokkaido Fisheries Experimental Station, а также сотрудникам СахНИРО, принявшим участие в сборе материала в 1995–1999 гг.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Пробы зоопланктона брались на станциях по схеме, принятой для экспедиционных работ по проекту «Пролив Лаперуза», параллельно с проведением океанографических наблюдений, отбором проб для гидрохимического анализа и для определения концентрации хлорофилла-«а». На отдельных станциях наряду с этим был проведен отбор проб фитопланктона (с помощью батометров) и ихтиопланктона (сеть ИКС-80). Экспедиционные работы проведены на НИС «Дмитрий Песков», НПС «Владимир Гиренко», «Гранат» и исследовательском судне «Нокиуо-Маги», принадлежащем Вакканайской рыбохозяйственной экспериментальной станции. Схема станций приведена на рис. 1. Исследования по времени проведены синхронно российской и японской стороной или близки к таковым.

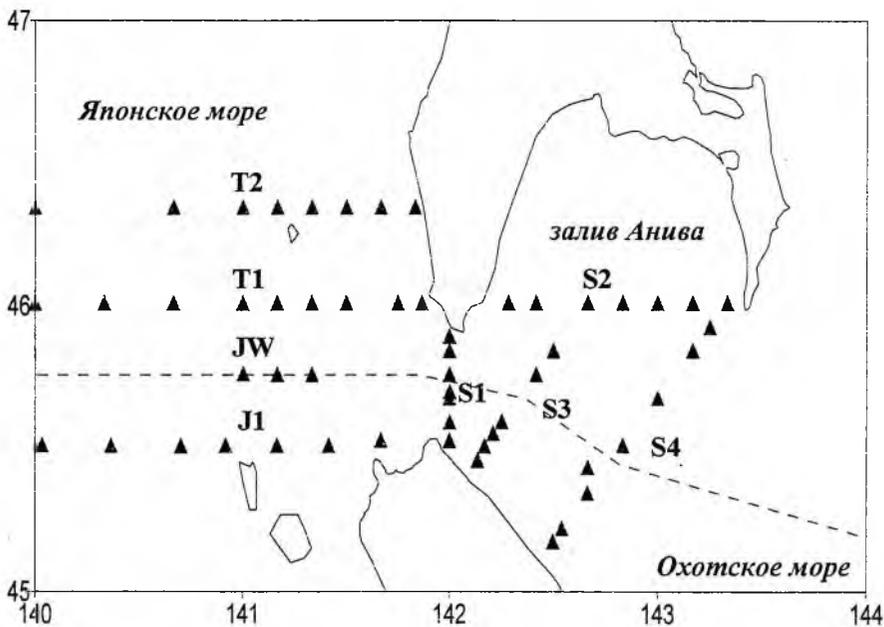


Рис. 1. Схема океанографических и гидробиологических разрезов в проливе Лаперуза (Сога) в период выполнения проекта «Пролив Лаперуза» в 1995–1999 гг. (пунктиром показано деление района на северную и южную части, пояснения – в тексте).

Сбор проб осуществлялся планктонными сетями NORPAC NXX13 и NGG54 (площадь входного отверстия – 0,16 м², размер ячеек газа – 0,1 и 0,3 мм соответственно), широко применяемыми в международной практике. Отбор проб проведен тотальным обловом слоя 200–0 м (при меньшей глубине – от дна до поверхности). Работы велись круглосуточно. Консервация проб, полученных российскими специалистами, проведена 4%-ным раствором формалина, и 5–10%-ный раствор применен японскими учеными. Обработку полученных проб производили изначально в соответствии со стандартными российскими методиками (Инструкция по обработке..., 1978; Волков, 1984) в дополнение к определениям, проводимым по японской методике (Omori, Ikeda, 1985).

Количество особей видов (форм), встреченных единично, определялось при дополнительном просмотре всей пробы. По таблицам стандартных весов и номограммам определялась биомасса каждого вида (Лубны-Герцык, 1953; Микулич, Родионов, 1975; Численко, 1968). Экологическая характеристика планктонов приведена по М. С. Кун (Кун, 1975). Биомасса группировки хищных форм зоопланктона выделена для сравнения данных в том же составе, что и в работе Дулеповой с соавторами (Дулепова и др., 1990).

Всего в результате проведения 18 экспедиций, в которых приняло участие более 30 сотрудников, было собрано 609 проб зоопланктона. Обработка проб проведена в лаборатории биологической океанографии СахНИРО автором.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Учитывая географическое положение района исследований, результаты предыдущих наблюдений в сопредельных районах и структуру полученных в период 1995–1999 гг. данных, представляется целесообразным деление райо-

на на две части — северную (российскую) и южную (японскую) (см. рис. 1). Кроме того, биологические показатели приведены по отдельным разрезам, которые позволяют отслеживать определенные океанологические процессы, а именно: разрезы S1 и S3 — апвеллинг и смешение вод у полуострова Крильон и ск. Камень Опасности, разрез T1 — зону конвергенции Цусимского и Западно-Сахалинского течений, разрез S4 — зону смешения япономорских и охотоморских вод в восточной части пролива Лаперуза, разрез S2 — южную границу антициклонической циркуляции в зал. Анива (рис. 1). Учитывая различную обеспеченность разрезов наблюдениями, сравнение биологических показателей зоопланктона северных и южных подзон проведено по результатам 5–7 совмещенных экспедиций.

Фауна зоопланктона пролива Лаперуза и сопредельных вод, в целом, в период проведения запланированных экспедиций была представлена 109 формами, относящимися к 9 типам, 18 классам. Различной для подзон явилась 31 форма, представленная, в основном, тропическими и субтропическими хетогнатами, копеподами и простейшими, обитающими в японской (южной) подзоне, и субарктическими и бореальными копеподами — из российской (северной) подзоны.

Ниболее высокая частота встречаемости отмечена для таких видов, как: *Oithona similis*, *Pseudocalanus minutus*, *Neocalanus plumchrus*, *Metridia pacifica*, а также для науплиев копепод.

Голозоопланктон представлен 92 формами, среди которых 41 относится к отряду Copepoda. Мерозоопланктон представлен, в основном, личинками и икрой рыб, личинками десятиногих раков, иглокожих, двустворчатых и, реже, брюхоногих моллюсков. Биомасса факультативного зоопланктона, за редким исключением, не превышала 2% от общей биомассы. Например, следует отметить резкое увеличение количества ихтиопланктонных форм — в частности, икры, предличинок и личинок анчоуса *Engraulis japonicus*, в июле 1998 г. и в июне-августе 1999 г. на большей части рассматриваемой акватории. В первом случае основные скопления икры плотностью до 122–162 экз./м³ были обнаружены в японской зоне (ст. S300, S401). В 1999 г. максимально плотные скопления икры анчоуса — до 17 экз./м³ — отмечены на южной границе зал. Анива, биомасса икры составила около 80% от общей биомассы планктонных организмов. Судя по опубликованным данным по нересту анчоуса в зал. Петра Великого (Давыдова, Шевченко, 2002), концентрации, рассчитанные для пролива Лаперуза, весьма высоки. При этом следует учесть, что в пробах, полученных в 1998 г. из японской зоны, полностью отсутствовали эвфаузииды, более того — на прилежащих станциях при наличии в пробах эвфаузиид полностью отсутствовала икра анчоуса. В 1999 г. концентрация эвфаузиевых рачков была весьма низкой для южной границы залива Анива — от 4 до 5 мг/м³. Согласно результатам исследований (Ohman, 1984; Checkley, 2000; Nakagawa, Endo, Takii, 2001) спектра питания некоторых видов эвфаузиид, последние являются активными хищниками по отношению как к икре анчоуса, в данном случае, так и по отношению к копеподам (NVI—CII).

Основными особенностями в распределении отдельных видов облигатного зоопланктона, отмеченными в период исследований, следует считать широкое распространение охотоморского эндемика *Metridia okhotensis* и абиссально-пелагической копеподы *Chiridius pacificus* на акватории Татарского пролива в летний период 1997–1999 гг.

Крупная копепода *Metridia okhotensis*, индикатор охотоморских вод, ранее отмечавшаяся на акватории Японского моря в незначительном количестве, в основном, в зоне залива холодных охотоморских вод (южнее м. Кузнецова), в июле 1998 г. отмечена почти на всех станциях южной части Татарского пролива, причем, на отдельных станциях ее биомасса составила около 45% от общей. В июне 1999 г. половозрелые самки данного вида обнаружены на разрезе J1, факт распространения указанного вида у западного побережья Хоккайдо, по мнению японских специалистов (Котори М., персональное сообщение), отмечен впервые, что расширяет опубликованные данные (Пономарева, 1954), согласно которым пр. Лаперуза — восточная граница распространения копепод *Metridia okhotensis*. Традиционно этот вид, наряду с *M. pacifica*, обнаруживается у восточного побережья острова Хоккайдо (Kasai et al., 2001). Причину появления эндемиков Охотского моря в Японском океанологи видят в наблюдаемых мощных приливных течениях в районе м. Крильон и в сезонной пенетрации охотоморских вод в Татарский пролив в период примерного сезонного равенства уровня морей, наблюдаемого в феврале-марте, особенно при действии весенних штормов (Такака, Nakata, 1999; Кантаков, Шевченко, 2001).

В количественном изменении видового состава обеих частей района исследований наблюдаются схожие особенности — более разнообразная фауна зоопланктона характерна для япономорского подрайона в марте-апреле и августе, в иные периоды наблюдений фауна охотоморья была представлена значительно шире. При сравнении двух подзон следует отметить, что фауна зоопланктона японской зоны, в большинстве случаев, богаче таковой северной части акватории исследований. Исключение составляют результаты наблюдений в восточном подрайоне в июле 1998 г., апреле, июне 1999 г. и в западном подрайоне в августе 1999 г. Сравнивая данные за период 1998—1999 гг., следует отметить, что наиболее разнообразно фауна зоопланктона района, в целом, была представлена именно в летний период 1999 г. (40—47 форм в северной и 44—46 форм — в южной частях). Минимальное количество форм (21—22 — для северной части и 26 — для южной) отмечено по результатам мартовских съемок в восточном подрайоне. Наиболее разнообразные уловы планктеров — 27—29 форм — получены на отдельных станциях охотоморского побережья Хоккайдо и у м. Носяппу в конце ноября 1999 г.

На рис. 2—6 представлено соотношение биомассы основных систематических групп зоопланктона по отдельным разрезам северной и южной частей акватории исследований.

По биомассе для всего периода исследований характерно доминирование копепод (в среднем, 77 и 80,1% для северной и южной частей соответственно), исключение составляет лишь восточная граница пролива Лаперуза — разрез S4 (рис. 4), где с апреля по август периодически отмечались значительные — до 216 мг/м³ — скопления эвфаузиид. В среднем для периода наблюдений доля эвфаузиевых рачков составила на разрезе S4 25,89% от общей биомассы. Причем, для северной части пролива характерны скопления рачков *Thysanoessa raschii*, а для южной — *Thysanoessa inermis* и *Euphausia pacifica*. Периодически в весенне-летний период отмечались скопления молоди и половозрелых особей эвфаузиид и в зоне апвеллинга, отмеченного по STD-данным в точке S302 (Kantakov, Samatov, 1996), где их биомасса достигала 152 мг/м³, составляя около 43% от общей биомассы зоопланктона (рис. 3).

Среди амфипод доминировали рачки *Themisto japonica*, доля биомассы

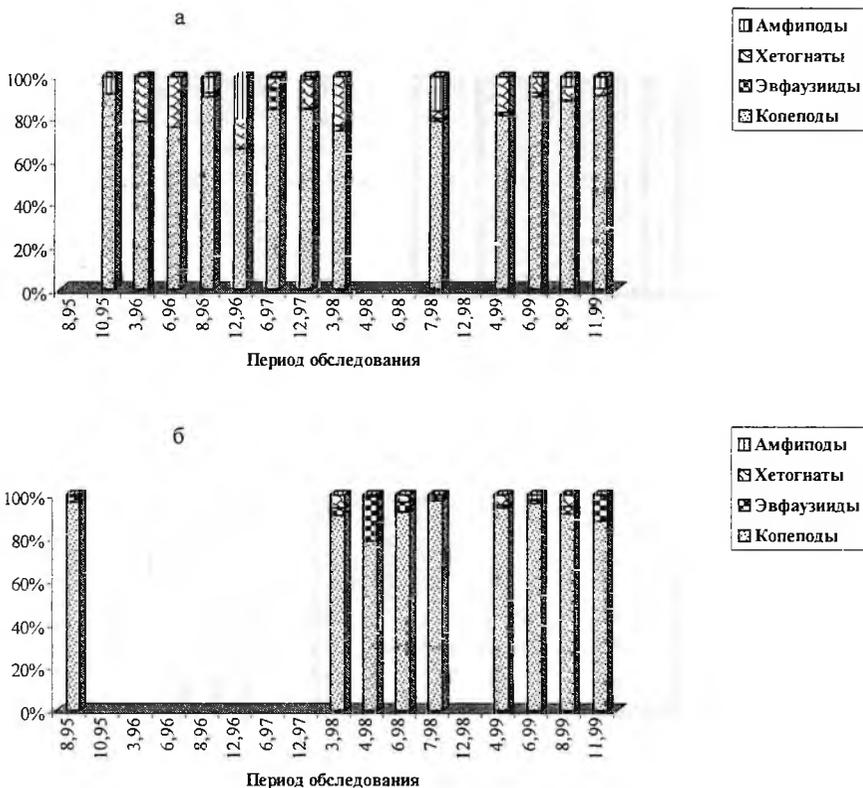


Рис. 2. Соотношение биомассы основных систематических групп зоопланктона на разрезе S1, 1995–1999 гг., уловы NORPAC NXX13: а – северная часть пр. Лаперуза, б – южная часть пр. Лаперуза.

этого отряда в северной части пролива увеличивалась к зимнему периоду до 20–29%. Основные скопления данного вида гиперидов (до 218 мг/м³) были приурочены в летний период к зоне апвеллинга в центральной части пролива Лаперуза (рис. 3) и в зимний период – к восточной и северо-восточной границам рассматриваемой акватории (рис. 4, 6), где биомасса *Themisto japonica* составляла около 80 мг/м³.

Биомасса щетинкочелюстных составила около 20% от общей биомассы лишь в северной части разрезов S1, S3 в период с июня по август (рис. 2, 3). На остальной акватории содержание биомассы хетогнат было значительно ниже и не превышало 10%. Данная таксономическая группа представлена в полученных пробах двумя видами – *Sagitta elegans* и *Sagitta maxima*. Первый из указанных видов распространен повсеместно в пределах рассматриваемой акватории, второй – обнаружен лишь в декабре 1998 г. у охотоморского побережья Хоккайдо. В структуре зоопланктона северной части содержание хетогнат – 5,65% против 0,02% – в южной.

Сравнивая соотношение биомассы основных систематических групп зоопланктона северной и южной подзон, следует отметить, что наибольшее сходство наблюдается на восточной границе акватории – на разрезе S4 (рис. 4). На остальных разрезах относительно резко разнятся доли хетогнат и амфипод (S1), хетогнат и эвфаузиид (S3), эвфаузиид и амфипод (T1, J1).

Исходя из полученных результатов, видом, преобладающим по биомассе,

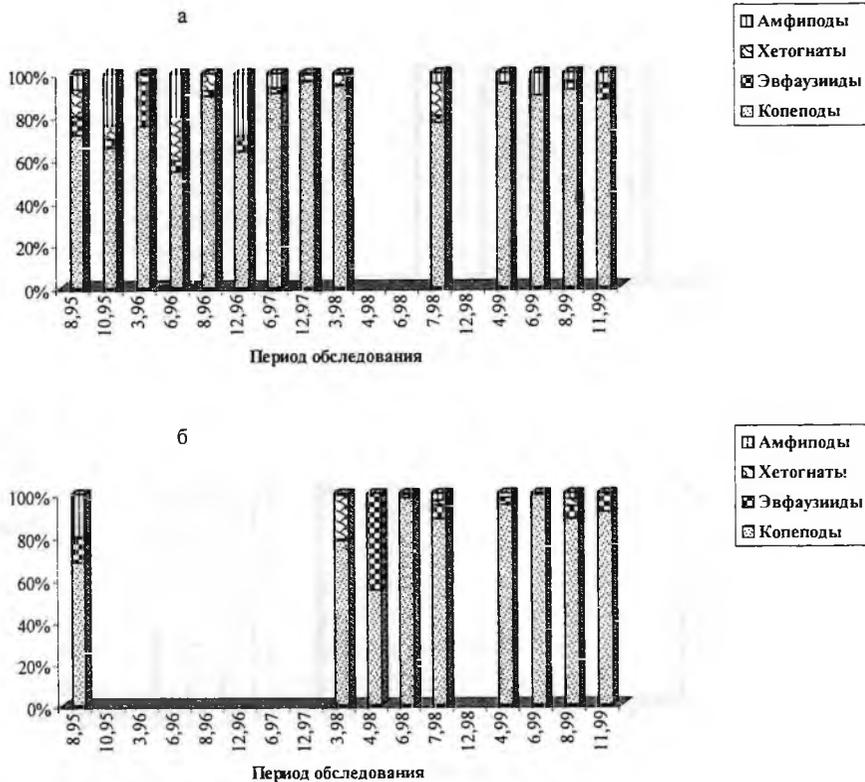


Рис. 3. Соотношение биомассы основных систематических групп зоопланктона на разрезе S3, 1995–1999 гг., уловы NORPAC NXX13: а – северная часть пр. Лаперуза, б – южная часть пр. Лаперуза.

как среди копепод, так и планктонных организмов, в целом, следует считать *Neocalanus plumchrus*. Вид *Neocalanus flemingeri*, ранее рассматриваемый вкуче с *Neocalanus plumchrus*, встречался в уловах достаточно часто, но биомасса его в южной части пролива Лаперуза и к западу от Хоккайдо была значительно выше, чем на остальной акватории и достигала в летний период 89 мг/м³.

В северной части пролива Лаперуза (подрайон I) в осенне-зимний период, который приходится, согласно делению на гидрологические сезоны (Пищальник, Архипкин, 2000), на январь–март и в осенний период (октябрь–декабрь), отмечено преобладание по биомассе копепод *Pseudocalanus minutus* (соответственно, 23–30 и 50–55%), весной – *Metridia pacifica* и *Neocalanus plumchrus* (12–26%), летом (апрель – I половина июля) – *Neocalanus plumchrus* (26–31%) и *Pseudocalanus minutus*. На юге Татарского пролива (подрайон II) в осенне-зимний период преобладают копеподы *Metridia pacifica* и *Neocalanus cristatus*, весной и летом – *Neocalanus plumchrus* (до 57 и 69% соответственно).

Для структуры зоопланктона японской подзоны характерна большая однородность, что обусловлено определяющим влиянием на формирование данного сообщества планктеров поверхностной тихоокеанской водной массы. Так, по имеющимся данным, в восточном и западном подрайонах в зимний период преобладали по биомассе *Metridia pacifica* и *Pseudocalanus minutus*, весной и летом – также как и на юге Татарского пролива – доминировал вид *Neocalanus plumchrus* (в апреле и июне – наряду с *Ps. minutus*, в июле и августе – вкуче

с *C. pacificus* и *Mesocalanus tenuicornis*). Осенью в южной подзоне копеподы *Ps. minutus* и еще более мелкие веслоногие рачки — *Oncaea conifera* и *Oithona similis* — составляли основную часть биомассы зоопланктона.

Доля хищной группировки зоопланктона в среднем составила 19,10 и 17,42% для северной и южной частей соответственно. Наиболее велико содержание хищников в общей биомассе зоопланктона северной части района на разрезе S2 — 31,31%, минимально — на восточной границе района (S4) и на юге Татарского пролива — 12,36%. Доминирующими по биомассе хищниками явились *Sagitta elegans*, *Themisto japonica*.

В южной части наиболее плотные обловленные скопления хищной группировки — 123–128 мг/м³ — были сформированы в летний период за счет *Themisto japonica*, поздней осенью — за счет более мелких представителей этой группировки — *Oncaea borealis*, *O. conifera*, *Oithona similis*, и были приурочены к разрезам S1 и S3. На отдельных станциях этих разрезов биомасса хищников составляла до 47% от общей биомассы планктонных организмов. Сезонной зависимости в изменении биомассы хищных форм зоопланктона по полученным данным не отмечено.

Размерная структура зоопланктона характеризовалась преобладанием средней фракции зоопланктона (1,2–3,3 мм) в период, характеризующийся относительно низкими значениями биомассы, — в марте. Доля его составляла 38%

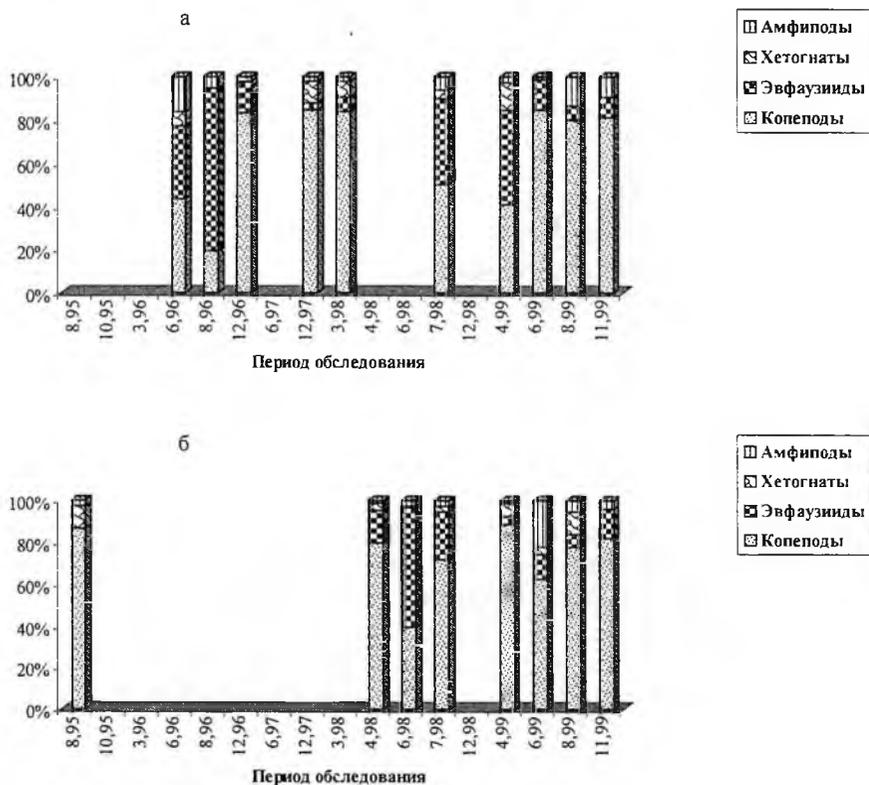


Рис. 4. Соотношение биомассы основных систематических групп зоопланктона на разрезе S4, 1995–1999 гг., уловы NORPAC NXX13: а – северная часть пр. Лаперуза, б – южная часть пр. Лаперуза.

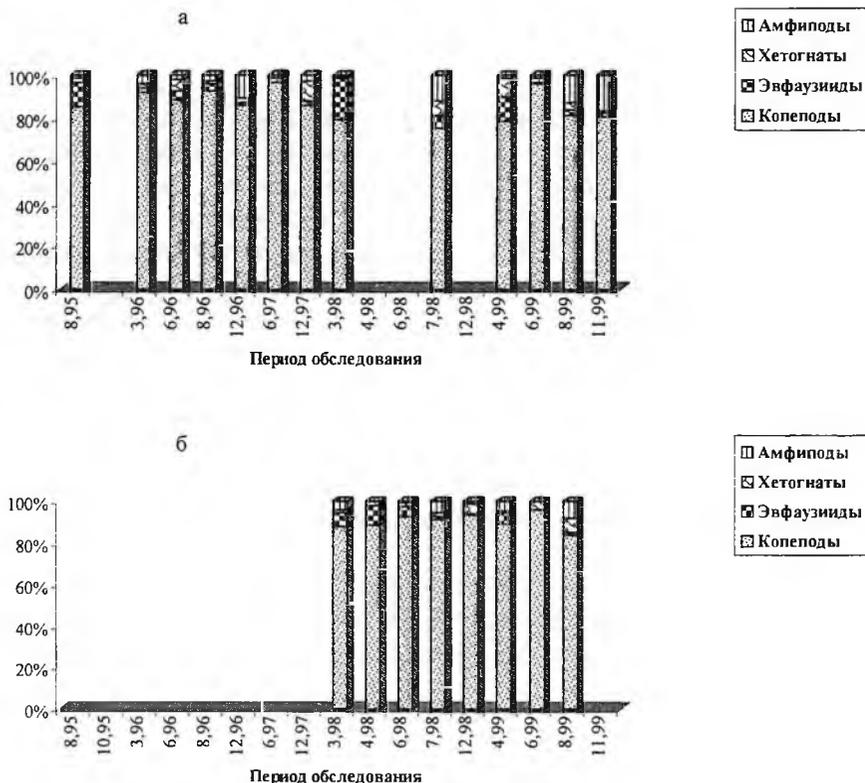


Рис. 5. Соотношение биомассы основных систематических групп зоопланктона на разрезах Т1 (а) и J1 (б), 1995–1999 гг., уловы NORPAC NXX13.

в северной и 42,5% — в южной подзонах при доминировании копепод *Pseudocalanus minutus*, *Metridia pacifica*, *Acartia longiremis*, *Scolecithricella minor*. В апреле как в охотоморском, так и япономорском подрайонах северной части района отмечено преобладающее значение крупной фракции, т. е. более 3,3 мм (от 67 до 72%), представленной, в основном, *Sagitta elegans*, *Themisto japonica*, *Metridia okhotensis* (VI стадия). В восточном подрайоне японской зоны доля этой фракции была ниже 45%, а в западном преобладали мелкие формы холодноводных копепод и их науплии (37–45%).

В июне, характеризующемся резким увеличением биомассы *Neocalanus plumchrus*, вновь возросло значение макрофракции в южной части (53–64,5%). В северной части района исследований подобное доминирование в период пика биомассы было выражено не столь явно. Так, в годы, отмеченные высокими значениями биомассы *N. plumchrus* на юге Татарского пролива, крупная фракция достигала 82,6% от общей биомассы. С уменьшением численности этих крупных копепод возросла доля средней фракции (47–48%), в восточном же подрайоне это повлекло за собой смену одной крупной формы другой, в частности, эвфаузиидами. С июля по октябрь на всей акватории сохранялась ведущая роль крупной фракции, а именно: *N. plumchrus*, *Sagitta elegans*, *Themisto japonica* (47–62%). К ноябрю–декабрю зоопланктон северной части района исследований несколько «мельчал» за счет сезонных миграций крупных копепод, не подвергшихся выеданию планктофагами в период нагула, содержание макрофракции снижается до 45–48%. В этот же период в южной подзоне

зоопланктон на 42,5% состоит из представителей микрофракции, по большей части субтропических циклопид.

Разнообразие океанологических процессов предопределило и сложную экологическую структуру сообщества зоопланктона (рис. 7–11). Восточная часть пролива Лаперуза (охотоморские воды) характеризовалась преобладанием по биомассе холодноводных видов копепоид — 59% (*Pseudocalanus minutus*, *Acartia longiremis*, *Calanus glacialis*), доля которых возрастает в осенне-зимний период до 94%. Содержание холодноводных элементов в северной части нарастает с запада на восток, и максимальный средний показатель — 75,84% — характерен для северной части разреза S4. То же относится и к южной части этого разреза, где доля холодноводных видов, безусловно, ниже — 40,85%, но это наиболее высокий показатель для японской подзоны, что определено наибольшим — по сравнению с другими разрезами — влиянием на фауну зоопланктона данного участка акватории охотоморской водной массы и присутствием в осенне-зимний период поверхностных тихоокеанских вод лишь вдоль побережья Хоккайдо (Itoh, Ohshima, 2000).

В южной части пролива минимум содержания биомассы холодноводных видов приходится на зону апвеллинга — 17,05%. Наиболее высок показатель тепловодной группировки в южной зоне транзита — 12,98%.

Для зоопланктона япономорских вод свойственно преобладание по биомассе умеренно-холодноводных копепоид (48,4 и 62,8% для южной и северной частей соответственно), обусловленное доминированием копепоид вида *Neocalanus plumchrus*, скопления которого формировались в антициклонических циркуляциях южной части Татарского пролива и определяли высокие значения биомассы зоопланктона. Полученные данные, наряду с результатами многолетних наблюдений, проведенных в северной части Японского моря (Bragina, 2000; Kantakov, 2000a), позволяют предположить, что наиболее плотные скопления зоопланктона, в частности, умеренно-холодноводных копепоид, отмечены в периоды, характеризующиеся балансом переносов Цусимским и Западно-Сахалинским течениями на разрезе T1. Предположительно, активизация Цусимского течения приводит к дестабилизации зон аккумуляции копепоид, в данном случае вида *N. plumchrus*, и перераспределению значительной их массы посредством Западно-Сахалинского течения в пр. Лаперуза.

Следует предположить, что и отмеченное в начале марта 1998 г. широкое

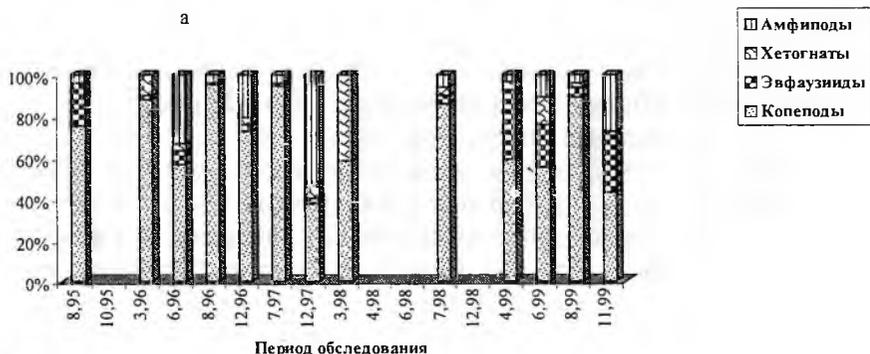


Рис. 6. Соотношение биомассы основных систематических групп зоопланктона на разрезе S2, 1995–1999 гг., уловы NORPAC NXX13.

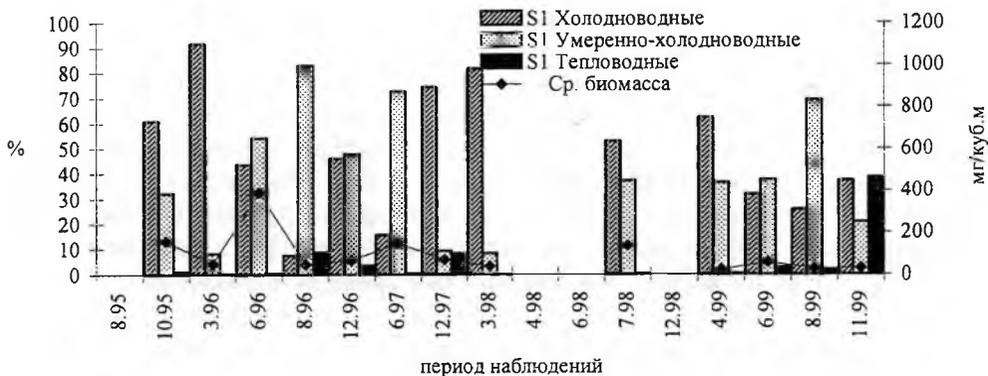


Рис. 7. Соотношение биомассы основных экологических группировок зоопланктона на разрезе S1, 1995–1999 гг., уловы NORPAC NXX13: а – северная часть пр. Лаперуза, б – южная часть пр. Лаперуза.

распространение охотоморских вод на акватории Японского моря вызвало подобное нарушение локализации доминирующей формы зоопланктона, нескомпенсированную за счет поступления с охотоморскими водами копепод *Metridia okhotensis*. Более того, и в июле 1998 г. на всем протяжении разрезов S3 и S4 наблюдалось «аномально» высокое содержание биомассы холодноводной группировки зоопланктона – 35 и 57% – для южной, 89 и 43% – для северной части пролива соответственно (рис. 8, 9). Для этого же периода отмечено наибольшее сходство в экологической структуре и показателях общей биомассы зоопланктона обеих подзон на разрезах S1 и S3 (рис. 7, 8).

В период проведения апрельской съемки 1999 г. при отрицательной аномалии тепла в деятельном слое моря на разрезе м. Анива – море (Кантаков, 2000б) холодноводная группировка доминировала уже на всей акватории исследований, включая и южную часть пролива Лаперуза, – в основном, за счет присутствия в пробах копепод *Pseudocalanus minutus*, *Neocalanus cristatus*, *Calanus glacialis* и щетинкочелюстных *Sagitta elegans*, т. е. видов, традиционно являющихся в этот период доминантами в сообществе зоопланктона северной подзоны. При этом показатели общей биомассы планктонных организмов восточного подрайона обеих зон следует считать минимальными для периода наблюдений (рис. 12, 13, 16а).

Исследования, проведенные в июне, т. е. через полтора месяца, позволили обнаружить увеличение доли тепловодных видов зоопланктона южной части пр. Лаперуза (рис. 7б, 8б, 9б, 10б), предположительно, как следствие затока тихоокеанских вод через Кунаширский пролив (Кантаков, 2000б) и активизацию апвеллинга в центральной части пролива (рис. 16б). На всех разрезах северной части подобные изменения в экологической структуре были отмечены лишь в августе, но повышением биомассы они не сопровождались (рис. 12, 17а).

Особенностью в распределении зоопланктона следует считать и резкое увеличение доли тропической и субтропической группировки в общей биомассе зоопланктона как в южной части Татарского пролива (до 29%), так и вдоль охотоморского побережья Хоккайдо (до 36%) в конце ноября — декабре, т. е. в период, для которого, по мнению океанологов, напротив, характерен заток охотоморских вод на акваторию Японского моря (Пищальник, Архипкин, 2000; Будаева, Макаров, 2000; Itoh, Ohshima, 2000). Наряду с увеличением содержания таких тепловодных видов, как *Calanus pacificus*, *Mesocalanus tenuicornis*, широко распространенных на акватории юга Татарского пролива и пр. Лапе-

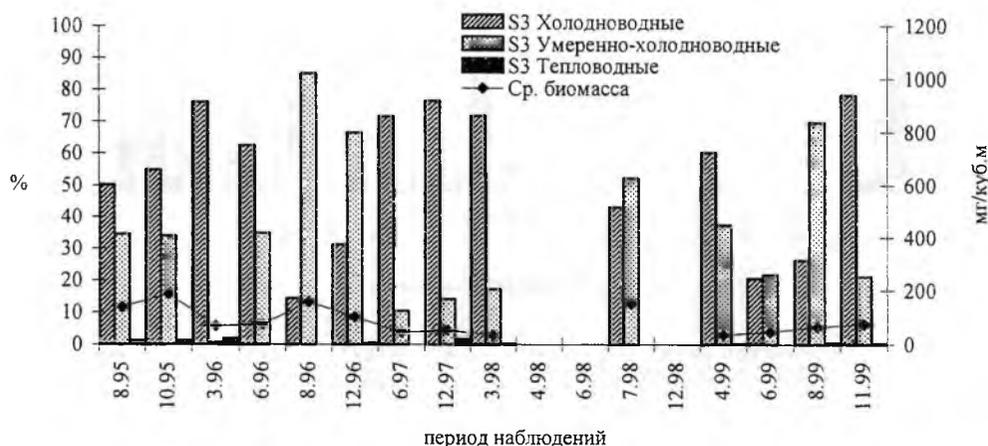


Рис. 8. Соотношение биомассы основных экологических группировок зоопланктона на разрезе S3, 1995–1999 гг., уловы NORPAC NXX13: а – северная часть пр. Лаперуза, б – южная часть пр. Лаперуза.

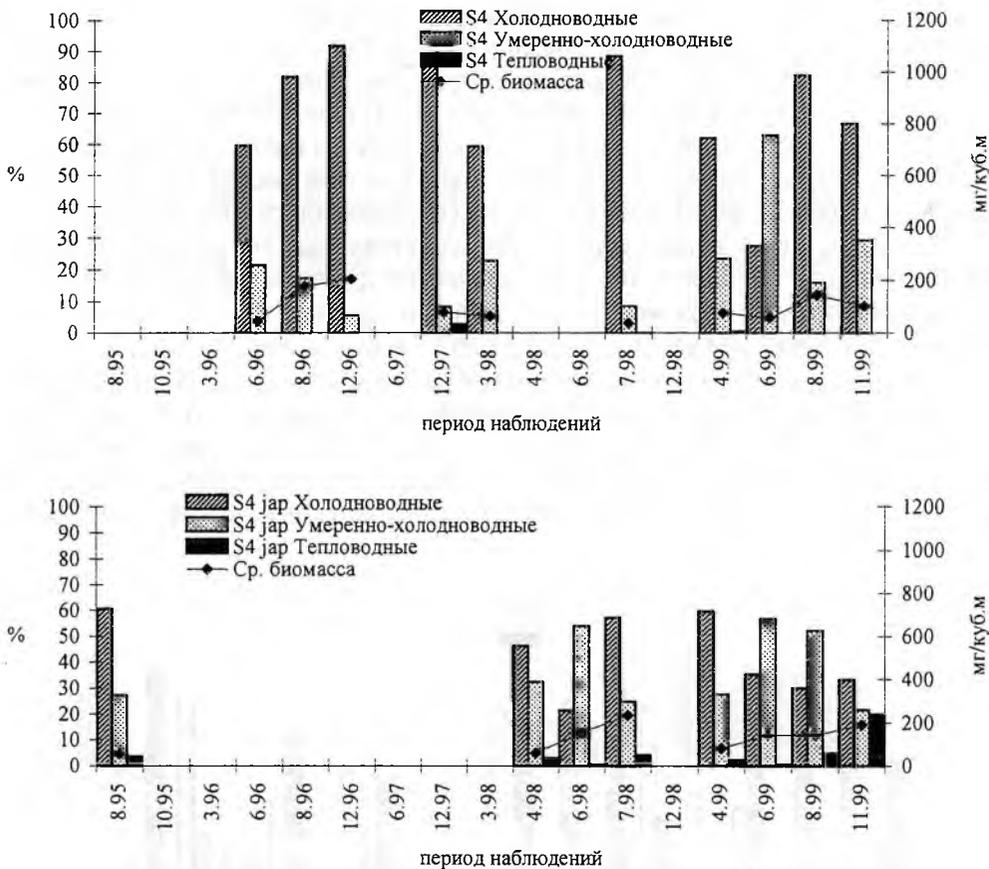


Рис. 9. Соотношение биомассы основных экологических группировок зоопланктона на разрезе S4, 1995–1999 гг., уловы NORPAC NXX13: а – северная часть пр. Лаперуза, б – южная часть пр. Лаперуза.

руза, влияние Цусимского течения и ветви его — течения Соя прослеживалось по иным тропическим и субтропическим представителям фауны зоопланктона: *Corycaeus sp.*, *Oncaea conifera*, *Clytemnestra rostrata*, *Globigerina hexagona*, *Candacia bipinnata*, *Eucalanus attenuatus*, *Doliioletta gegenbauri*, *Centropages tenuiremis*, обнаруживаемым в пробах зоопланктона, полученных на всем протяжении разреза между мысами Соя и Крильон (ст. S106—S102) и последующих разрезах, вплоть до восточной границы пр. Лаперуза, но в прибрежье п-ова Хоккайдо. На станциях S300 и S401 доля тепловодных элементов достигала 52–58% от общей биомассы планктонов. В это же время в северной части пролива, исключая зону транзита — разрез S1, показатель данной экологической группировки не превышал 3%.

Анализ проб зоопланктона на разрезах S1, S3, в целом, подтвердил предположение о том, что основное пополнение биомассы кормового зоопланктона происходило через южную часть разрезов (рис. 17а), что необходимо учесть при проведении расчета массы аллохтонного планктона юго-западной котловины Охотского моря (Волков, 1997). Так, в период 4 съемок в 1999 г. биомасса зоопланктонных организмов южной части разреза S1 превышала подобный показатель северной части в 4–9 (рис. 7), а на разрезе S3 — в 5–14 раз (рис. 8).

Наиболее резко биомасса зоопланктона южной части акватории превышает биомассу северной части в летний период (рис. 7–10). Менее выражено подобное превышение биомассы на разрезах S4 и T1 – J1, в среднем оно составило 1,89 и 1,75 против 3,89 и 3,55, рассчитанных для разрезов S1 и S3.

В сезонном распределении общей биомассы зоопланктона обеих подзон наблюдается общая тенденция: ее возрастание от зимы к лету и последующее снижение данного показателя к осени. Исключение наблюдалось лишь в ноябре 1999 г. (рис. 12, 13), когда в южной части залива Анива и восточной границе пр. Лаперуза были отмечены плотные скопления *Metridia okhotensis*, *Themisto japonica* и *Thysanoessa raschii* (рис. 17б), что привело к повышению показателя общей биомассы по сравнению с летним. Для всей акватории в целом минимальные значения общей биомассы были отмечены в период апреля 1999 г.

Наиболее плотные скопления зоопланктона в северной части пролива Лаперуза и сопредельных водах отмечались в июне 1996 и 1997 гг. в зоне конвергенции Цусимского и Западно-Сахалинского течений (рис. 14, 15). В этот период биомасса зоопланктона восточной части (подрайон I) была значительно ниже (рис. 12). Следует отметить, что для северо-восточной части пролива Лаперуза зоной повышенной биомассы зоопланктона, судя и по предыдущим

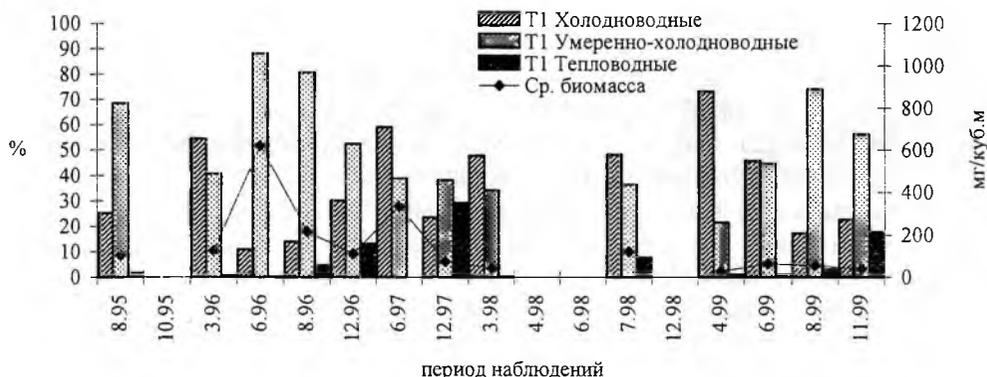


Рис. 10. Соотношение биомассы основных экологических группировок зоопланктона на разрезах T1 (а) и J1 (б), 1995–1999 гг., уловы NORPAC NXX13.

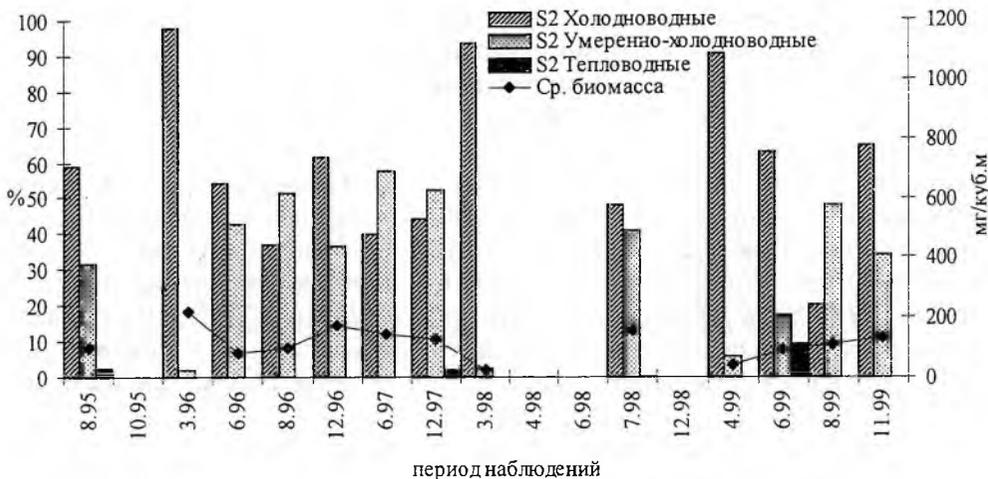


Рис. 11. Соотношение биомассы основных экологических группировок зоопланктона на разрезе S2, 1995–1999 гг., уловы NORPAC NXX13.

исследованиям 1987–1996 гг. (Bragina, 1999), является юго-восточная граница зал. Анива — район традиционных скоплений эвфаузиид *Thysanoessa raschii* и гипериид *Themisto japonica*.

В период 1998–1999 гг. прослежено снижение общей биомассы зоопланктона в северной части пр. Лаперуза и сопредельных водах Татарского пролива (рис. 16, 17). В большей степени это относится к южной части Татарского пролива (рис. 10, 12). Снижение произошло за счет холодноводной и умеренно-холодноводной группировок зоопланктона.

Как указывалось выше, предположительно, это связано с активностью залива охотоморских вод и вод Цусимского течения, дестабилизирующих локальные скопления *Neocalanus plumchrus*.

В южной части пролива Лаперуза такое снижение биомассы планктонов не отмечено (рис. 14а, 16, 17). Наиболее плотные скопления зоопланктона определены для зоны транзита (разрез S1) и апвеллинга (разрез S3), максимальная активность которого по проведенным наблюдениям наблюдается с июня по август (рис. 16б, 17а), тогда же биомасса зоопланктона на этом участке акватории достигает 1266–1508 мг/м³. Учитывая видовой состав планктонных организмов и сложность динамических процессов в данном районе, следует заключить, что механизм образования зоны повышенной биомассы именно на этом участке акватории пока неясен.

ВЫВОДЫ

1. Наибольшее видовое разнообразие зоопланктона отмечено для периодов, характеризующихся чередованием контрастных условий среды (отрицательные аномалии температуры, проникновение теплых вихрей со стороны океана).

2. Доминирующая по биомассе группа планктонных животных — копепода, преобладающий вид — *Neocalanus plumchrus*.

3. В размерной структуре отмечено преобладание крупной фракции планктонов — ценных в пищевом отношении объектов, локализация которых пространственно соответствует нагульным скоплениям промысловых рыб.

4. Доля хищной группировки зоопланктона невысока, в среднем составила 19,10 и 17,42% для северной и южной частей соответственно.

5. В структуре зоопланктона северной подзоны доминируют холодноводные виды (53,15%), в южной подзоне — умеренно-холодноводные (52,59%).

6. Пик общей биомассы отмечен в июне. Биомасса планктона северной подзоны по отдельным разрезам в 1,75—3,88 раза ниже данного показателя южной подзоны.

7. Изменения указанных биологических показателей являются следствием сезонной перестройки в структуре сообществ зоопланктона подрайонов, находящихся под влиянием охотоморской и поверхностной тихоокеанской водной масс.

8. Факторами, обуславливающими возникновение зон повышенной концентрации зоопланктона, следует считать зону конвергенции на юге Татарского пролива, южную границу антициклонической циркуляции в зал. Анива и зону апвеллинга к востоку от скалы Камень Опасности, учитывая при этом сезонные изменения в объеме переноса Цусимского и, вероятно, Восточно-Сахалинского течений.

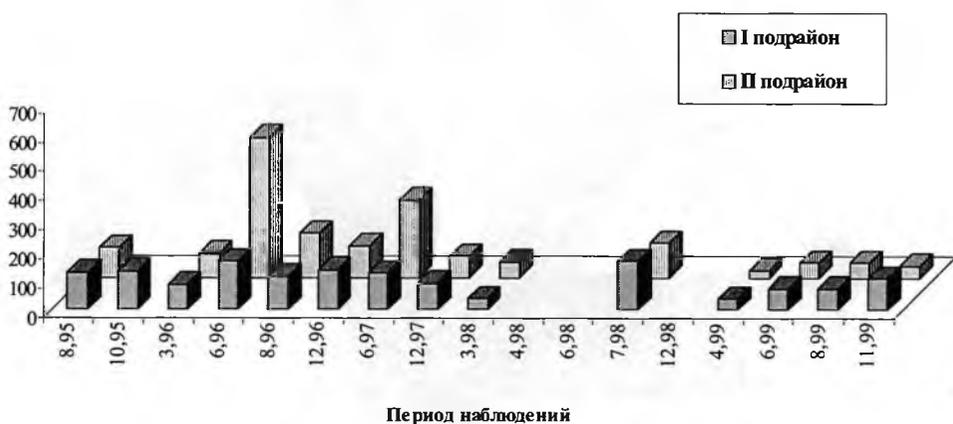


Рис. 12. Динамика биомассы зоопланктона по подрайонам северной части пр. Лаперуза и сопредельных вод, 1995–1999 гг., уловы NORPAC NXX13, мг/м³.

Примечание: подрайон I – разрезы S1, S2, S3, S4; подрайон II – разрезы T1, T2.



Рис. 13. Динамика биомассы зоопланктона южной части пр. Лаперуза и сопредельных вод, 1995, 1998–1999 гг., уловы NORPAC NXX13, мг/м³.

Примечание: подрайон I – разрезы S1, S2, S3, S4; подрайон II – разрезы J1, J2.

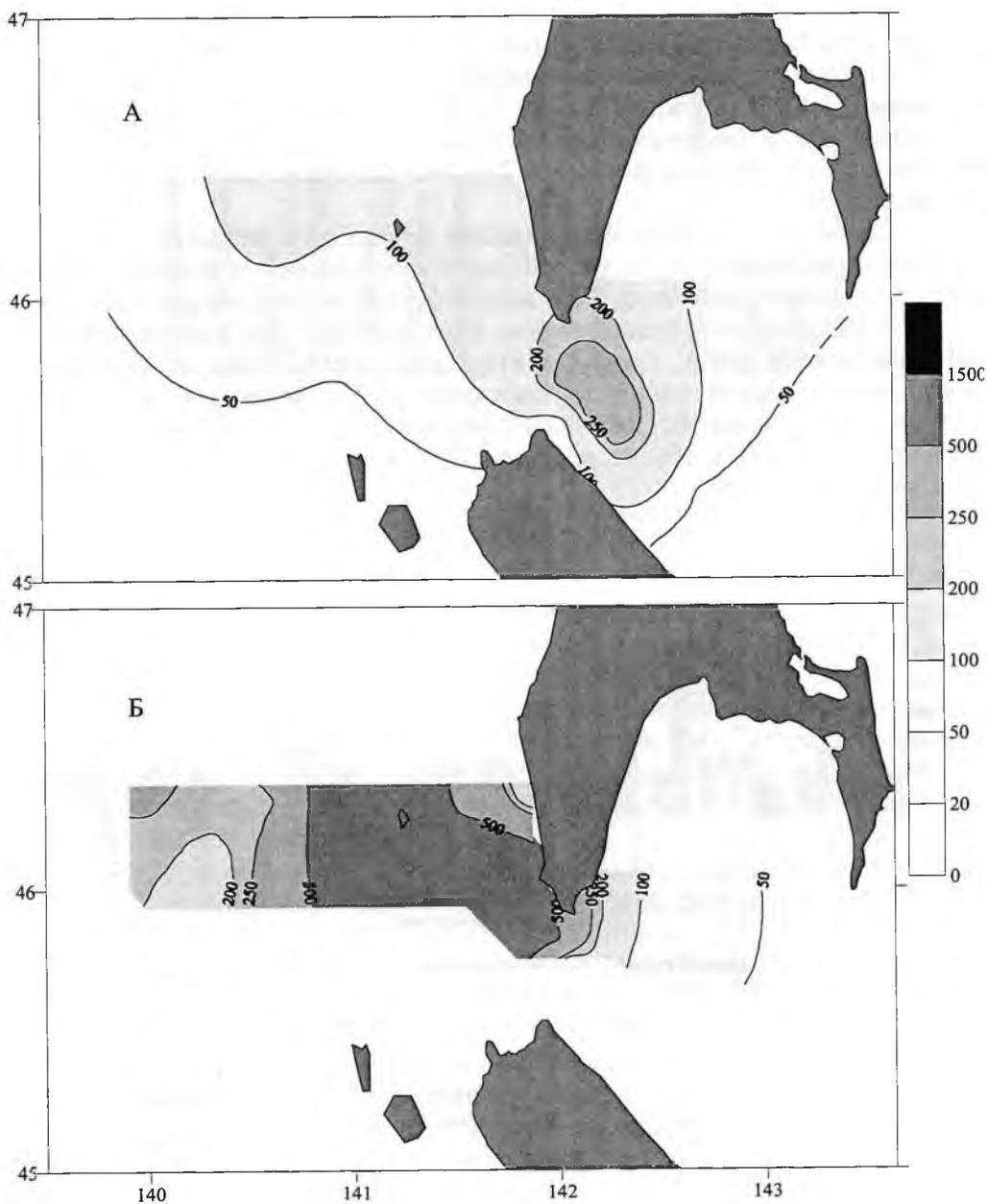


Рис. 14. Распределение биомассы зоопланктона, мг/м³. А – август 1995 г., Б – июнь 1996 г.

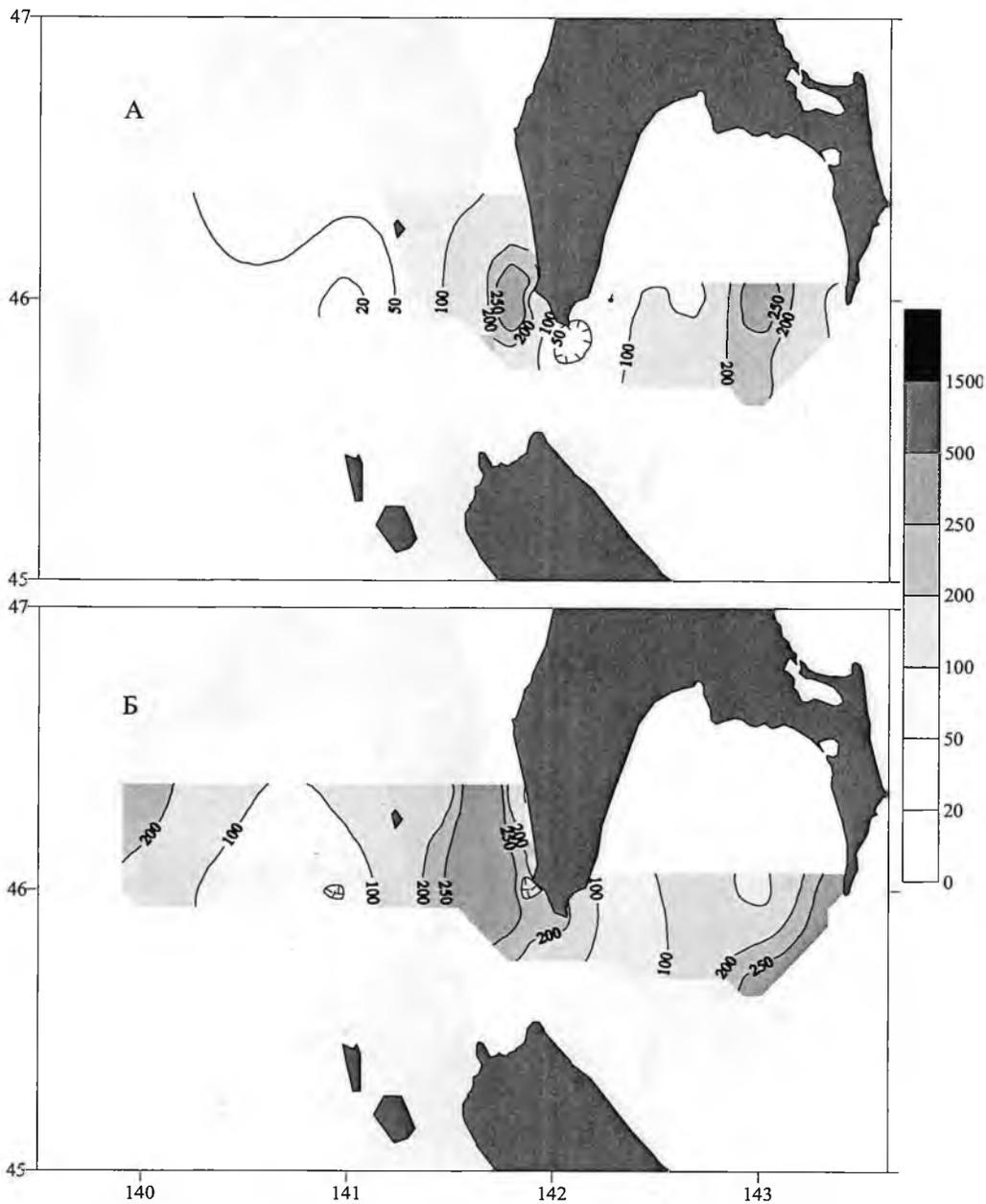


Рис. 15. Распределение биомассы зоопланктона, мг/м³. А – август 1996 г., Б – июнь 1997 г.

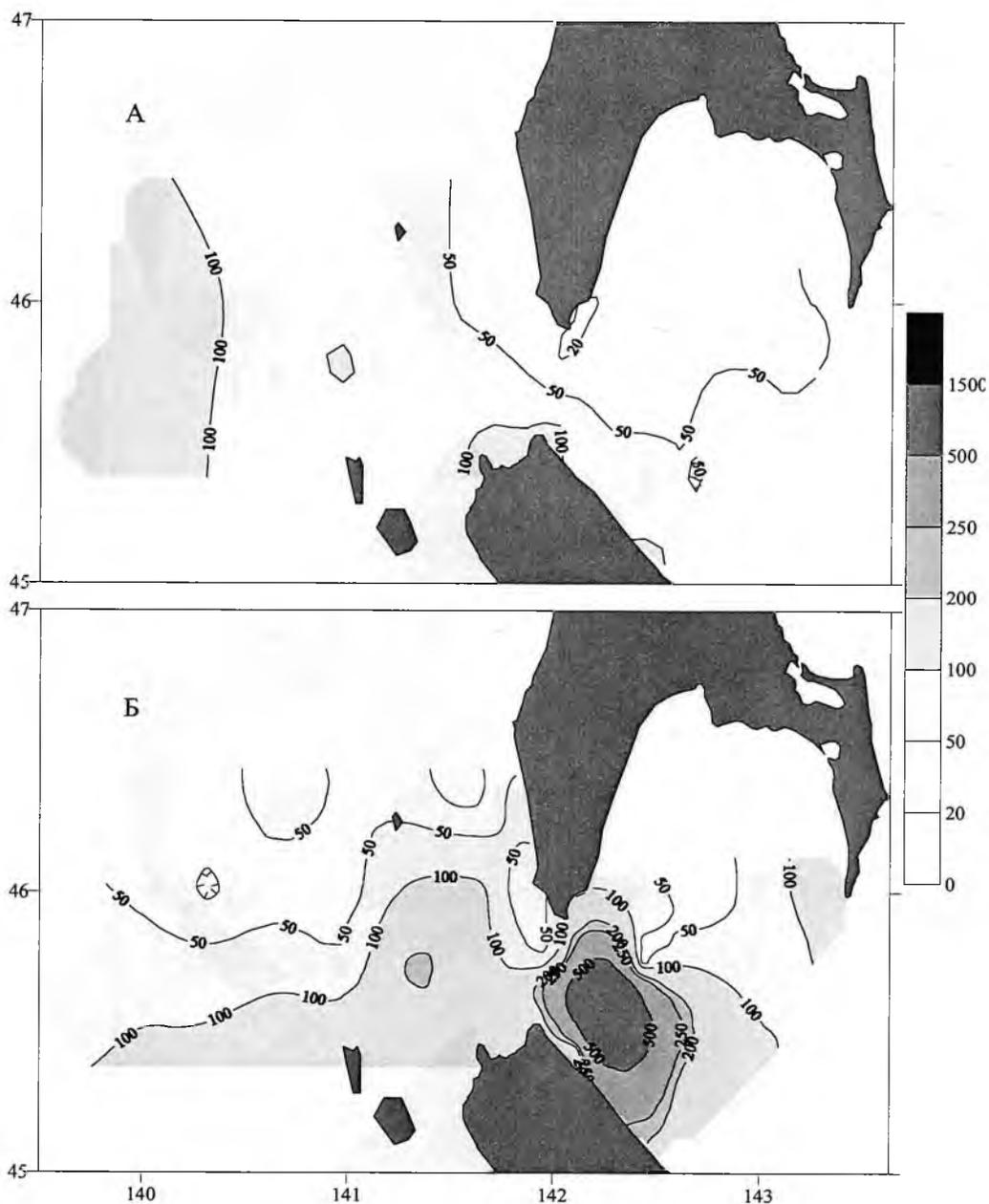


Рис. 16. Распределение биомассы зоопланктона, мг/м³. А – апрель 1999 г., Б – июнь 1999 г.

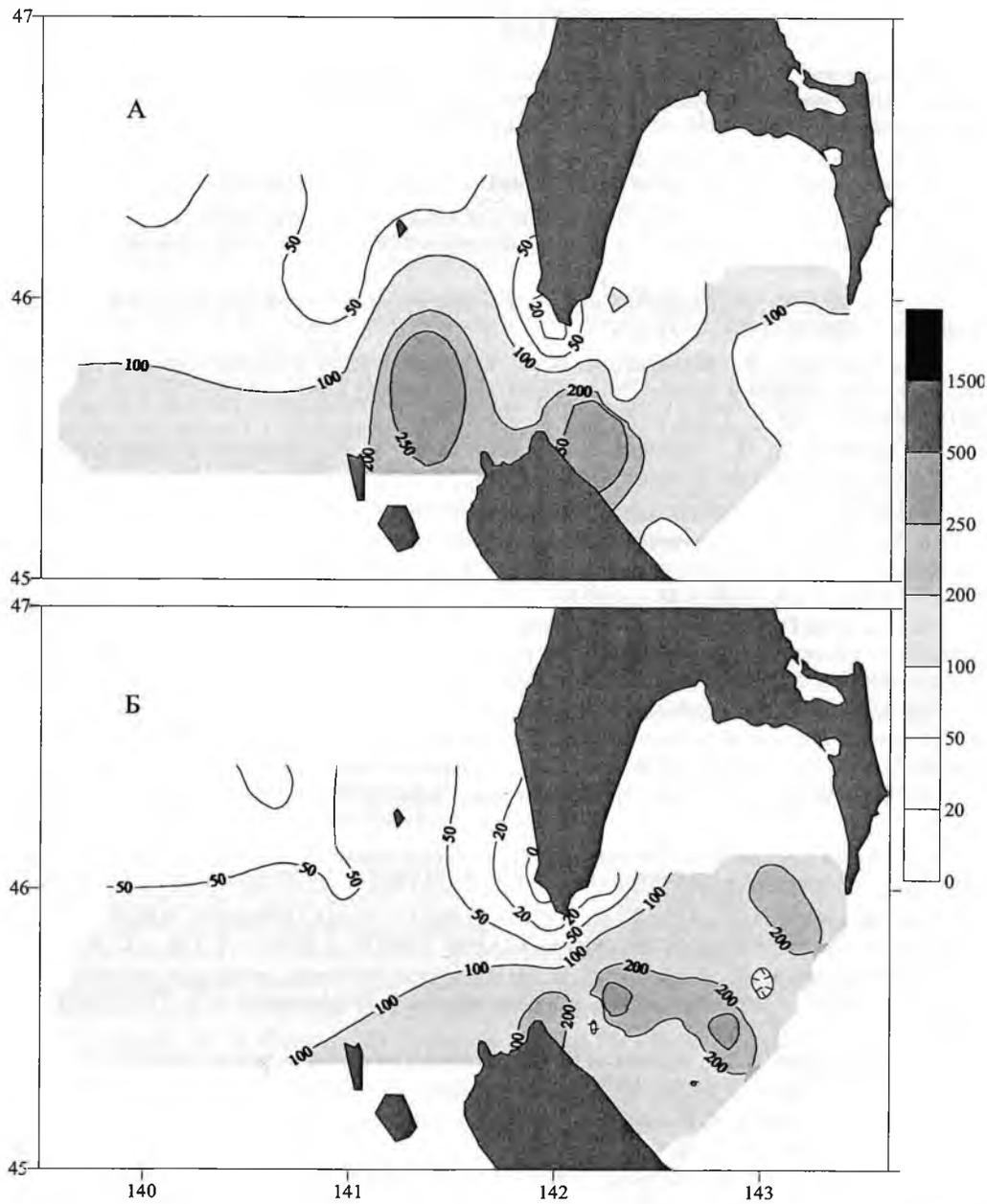


Рис. 17. Распределение биомассы зоопланктона, мг/м³. А – август 1999 г., Б – ноябрь 1999 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бирюлин Г. М. Гидрометеорологическая характеристика рыбопромысловых районов Южного Сахалина // Тр. Курило-Сах. мор. компл. экспедиции ЗИН—ТИНРО 1947—1949 гг. — М. : Изд-во АН СССР, 1954. — Т. 1. — С. 167—303.
2. Будаева В. Д., Макаров В. Г. Моделирование типовых циркуляций вод в заливе Анива и проливе Лаперуза // Тр. ДВНИГМИ. — 2000. — Вып. 140. — С. 24—28.
3. Волков А. Ф. Количественные показатели кормовой базы рыб эпипелагиали Охотского моря в зимний период // Компл. исслед. экосистемы Охот. моря. — М. : ВНИРО, 1997. — С. 216—219.
4. Волков А. Ф. Рекомендации по экспресс-обработке сетного планктона в море. — Владивосток : ТИНРО, 1984. — 31 с.
5. Давыдова С. В., Шевченко А. В. Особенности нереста японского анчоуса *Engraulis japonicus* (*Engraulidae*) в заливе Петра Великого (Японское море) в 1996—1998 гг. // Вопр. ихтиологии. — 2002. — Т. 42. — № 2. — С. 205—214.
6. Дулепова Е. П., Лапшина В. И., Благодеров А. И. Элементы функционирования пелагической экосистемы Японского моря // Изв. ТИНРО. — 1990. — Т. 111. — С. 146—152.
7. Инструкция по обработке проб планктона счетным методом. — Иркутск. — 1978. — 50 с.
8. Кантаков Г. А., Шевченко Г. В. Анализ неперiodических течений в проливе Лаперуза (Соя) в связи с изменениями уровня и воздействием ветра // Динамич. процессы на шельфе Сах. и Курил. о-вов. — Ю-Сах. : ИМГиГ Сах. науч. центра ДВО РАН, 2001. — С. 62—74.
9. Кантаков Г. А. Влияние океанологического режима вод на второй трофический уровень морских экосистем Сахалино-Курильского региона : Дис. на соиск. учен. степ. канд. географ. наук. — Ю-Сах. : СахНИРО. — 2000а. — Арх. № 8385. — 170 с.
10. Кантаков Г. А. Особенности влияния океанографического режима вод на гидробионты в Сахалино-Курильском регионе в 1999 г. (промежуточный) // Отчет о НИР. — Ю-Сах. : СахНИРО, 2000. — Арх. № 8336. — 70 с.
11. Кун М. С. Зоопланктон дальневосточных морей. — М. : Пищевая пром-ть, 1975. — 142 с.
12. Лубны-Герцык Е. А. Весовая характеристика основных представителей зоопланктона Охотского и Берингова морей // ДВНЦ АН СССР. — 1953. — Т. ХСІ. — № 4. — С. 949—952.
13. Мельников И. В., Худя В. Н. Дальневосточная песчанка (*Ammodytes hexapterus* Pallas) в Охотском и западной части Берингова морей // Изв. ТИНРО. — 1998. — Т. 124. — С. 344—359.
14. Микулич А. В., Родионов Н. А. Весовая характеристика некоторых зоопланктонов Японского моря // Гидробиол. исслед. в Японском море и Тихом океане : Тр. ТОИ ДВНИ АН СССР. — 1975. — Т. 9. — С. 75—88.
15. Пищальник В. М., Архипкин В. С. Сезонная изменчивость термохалинной структуры вод пролива Лаперуза // Вестн. МГУ, сер. 5 «География». — 2000. — № 5. — С. 43—47.
16. Пономарева Л. А. О сезонных изменениях зоопланктона пролива Лаперуза // Тр. ИО АН СССР. — 1954. — Т. ХІ. — С. 258—263.
17. Сафронова Р. К. Состояние кормовой базы промысловых планктоноядных рыб в весенне-летний период 1982 и 1983 годов на шельфе юго-западной части Охотского моря // Итоги исслед. по вопр. рац. использ. и охраны биол. ресурсов Сах. и Курил. о-вов : Тез. докл. II науч.-практ. конф. — Ю-Сах. — 1984. — С. 166—169.
18. Худя В. Н. К вопросу об изменении структуры сообществ массовых видов рыб в зал. Анива и пр. Лаперуза (Охотское море) // Экол. основы рац. природопользования на Сах. и Курил. о-вах : Тез. докл. IV науч.-практ. конф. (19—20 апр. 1990 г.). — Ю-Сах. — 1990. — С. 149—150.
19. Худя В. Н. О количественном распределении личинок тихоокеанской песчанки (*Ammodytes hexapterus* Pallas) зал. Анива и пр. Лаперуза // Итоги исслед. по вопр. рац. использ. и охраны биол. ресурсов Сах. и Курил. о-вов : Тез. докл. II науч.-практ. конф. — Ю-Сах. — 1984. — С. 106—107.
20. Численко Л. Л. Номограммы для определения веса водных организмов по размерам и форме тела. — Л. : Наука, 1968. — 106 с.

21. **Bragina I. Y.** Geographical and Biological Characteristics of the Net Zooplankton in the South-Eastern Part Sea of Okhotsk during 1987–1996 // PICES Sci. Reports. — Sidney, Canada. — 1999. — No. 12. — P. 187–199.
22. **Bragina I. Y.** Zooplankton Communities Seasonal and Interannual Changes in the Northern Part Sea of Japan // Abstracts of the Ninth PICES Workshop on the Okhotsk Sea and Adjacent Areas. Hakodate, Japan. — 2000. — P. 34.
23. **Checkley D. M. Jr.** Interaction Between Fish and Euphausiids and Potential Relation to Climate and Recruitment // PICES Sci. Reports. — Sidney, Canada. — 2000. — No. 15. — P. 114–115.
24. **Hamaoka S.** Chapter 28, Soya Strait, IV Biology, 1, Plankton. Coastal Oceanography of Japanese Islands, Supplementary volume. Tokai University Press, Tokyo. — 1990. — P. 446–449.
25. **Itoh M. and Ohshima K. I.** Seasonal Variations of Water Masses and Sea Level in the Southwestern Part of the Okhotsk Sea // Journal of Oceanography. Terrapub. Tokyo, Japan. — 2000. — Vol. 56. — P. 643–654.
26. **Kantakov G. A.** Oceanographic Retrospective Analysis of the Zooplankton Population Inhabitation Conditions at the SouthWest Sakhalin in 20– Century // 15-th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice. Okhotsk Sea & Cold Ocean Research Association. Mombetsu, Hokkaido, Japan. — 2000. — P. 384–390.
27. **Kantakov G. A., Samatov A. D.** Upwelling in the La Perouse Strait: Oceanographical and Hydrobiological properties // Proc. Intl. Workshop on the Okhotsk Sea and Arctic. — Tokyo, Japan. — 1996. — P. 63–75.
28. **Kasai H., Saito H., Kashiwai M., Taneda T., Kusaka A., Kawasaki Y., Kono T., Tagichi S. and Tsuda A.** Seasonal and interannual variations in nutrients and plankton in the Oyashio region: a summary of 10-years observation along the A — line // Bull. Hokkaido. Natl. Fish. Res. Inst. — 2001. — No. 65, Jan. — P. 55–134.
29. **Kotori M. and Tsuji S.** Chapter 1. The Sea of Okhotsk, IV Biology, 1. Plankton, Coastal Oceanography Research Committee, Coastal Oceanography of Japanese Islands, Tokai University Press, Tokyo. — 1987. — P. 34–37.
30. **Machida R., Kuwahara H., Kuwabara R.** Plankton distribution and oceanographic structure at the frontal area of the Sea of Okhotsk in the Northeastern Hokkaido // Proc. Eleventh International Symposium on the Okhotsk Sea & Sea Ice. Abstracts. Mombetsu, Hokkaido, Japan (Jan. 1995). — 1996. — P. 264–269.
31. **Nagata R., Sugawara M., Nishiyama T.** Seasonal Changes in Composition and Abundance of Zooplankton in the Coastal Waters near Okhotsk Sea — Ice Observation Tower in 1996–1997 // The 13-th International Symposium on Okhotsk Sea Ice and the Ice Scour Arctic Marine Pipelines Workshop Abstracts (1–5 February 1998). Mombetsu, Hokkaido, Japan. — 1998. — P. 57–60.
32. **Nakagawa Y., Endo Y., Taki K.** Diet of *Euphausia pacifica* Hansen in Sanriku Waters off northeastern Japan Plankton Biol. Ecol. — 2001. — 48. — P. 68–77.
33. **Ohman M. D.** Omnivory by *Euphausia pacifica*: the role of copepod prey // Mar. Ecol. Prog. Ser. — 1984. — 19. — P. 125–131.
34. **Omori M., Ikeda T.** Methods in Marine Zooplankton Ecology. John Wiley & Sons, New York. — 1984. — 332 p.
35. **Tanaka I., Nakata A.** Results of direct measurements in the La Perouse Strait (the Soya Strait) // PICES Sci. Reports. — Sidney, Canada. — 1999. — No. 12. — P. 173–176.

Брагина И. Ю. Сезонная и межгодовая изменчивость зоопланктона по результатам исследований 1995—1999 гг. в проливе Лаперуза (Соя) и прилежащих водах // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях : Труды Сахалинского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. — Ю-Сах. : СахНИРО, 2002. — Т. 4. — С. 48—69.

По результатам сборов зоопланктона (NORPAC NXX13, слой 200—0 м), проведенных в период 1995—1999 гг. в проливе Лаперуза и сопредельных водах, была определена структура сообществ субарктических и субтропических водных масс, в которой выделено общее доминирование копепод *Neocalanus plumchrus*. Также представлены соотношения биомассы преобладающих систематических групп, основных экологических группировок, динамика биомассы зоопланктона, схемы его пространственного распределения; рассмотрены такие абиотические факторы формирования зон повышенной концентрации зоопланктона, как апвеллинг, зона конвергенции Цусимского и Западно-Сахалинского течений, антициклоническая циркуляция зал. Анива.

Ил. — 17, библ. — 35.

Bragina I. Yu. Seasonal and interannual variability of zooplankton structure in La Perouse Strait and adjacent waters based on the surveys made in 1995—1999 // 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, 2002. — Vol. 4. — P. 48—69.

As to results of plankton sampling (NORPAC NXX13, 200—0 m) in 1995—1999 in La Perouse Strait and adjacent waters, there was determined structure of zooplankton community of subarctic and subtropical water masses in general domination of copepod *Neocalanus plumchrus*. Also there was represented proportion of biomass of predominant taxonomic groups, main ecological groups, investigated dynamics of zooplankton biomass, maps of its spatial distribution, examined such abiotic factors of formation high plankton concentration in this zone, as upwelling, convergence of Tsushima and West-Sakhalin currents, anticyclonic circulation in Aniva Bay.

Fig. — 17, ref. — 35.