

**СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЗООПЛАНКТОНА ОЗЕРА ПТИЧЬЕ И
ПРИЛЕГАЮЩЕГО МОРСКОГО ПРИБРЕЖЬЯ ЮЖНОГО САХАЛИНА**

Д.С. Заварзин, И.А. Атаманова

*Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
(СахНИРО), ул. Комсомольская, 196, Южно-Сахалинск, 693023, Россия.
E-mail: i.atamanova@sakhniro.ru*

В статье приведены данные по видовому составу и распространению зоопланктона озера Птичье (Южный Сахалин) в различные сезоны года, дан анализ изменений, происходящих в структуре сообщества при «открытой» и «закрытой» протоке, проведен предварительный расчет продукции по основным группам озерного зоопланктона

**MATE ZOOPLANKTON SEASONAL DYNAMICS IN PTICHYE LAKE AND
ADJOINING SEA COASTAL WATERS OF SOUTHERN SAKHALIN**

D.S. Zavarzin, I.A. Atamanova

*Sakhalin Scientific Research Institute of Fisheries & Oceanography (SakhNIRO),
196 Komsomolskaya Str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693023, Russia.
E-mail: i.atamanova@sakhniro.ru*

The paper presents data on zoogeographic and species characteristic of the Ptichye Lake zooplankton in different year seasons, analysis of changes occurred in the community structure at the “open” and “closed” channel, and preliminary calculation of productivity for the main groups of zooplankton inhabiting the lake.

Исследование лагун и озер лагунного типа Южного Сахалина является одной из актуальных тем последнего времени. Это связано с изучением неосвоенных запасов промысловых и потенциально промысловых объектов внутренних водоемов Сахалина, их среды обитания, а также с поиском новых водоемов для использования в целях развития марикультуры. Помимо этого данный водоем может рассматриваться как модельный для исследования влияния прилегающих морских вод на формирование видового состава и продуктивности озер, имеющих сезонную связь с морем.

Целью данной работы является исследование видового состава и сезонной динамика зоопланктона озера и прилегающей морской акватории Охотского моря по результатам гидробиологических съемок, проведенных с мая по февраль 2012–2013 гг. Также в статье представлены предварительные расчеты продукционных показателей зоопланктона на основании сезонной динамики биомассы и структуры сообщества.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Гидробиологические исследования проводились на акватории оз. Птичье (Корсаковский район) и в прилегающем морском побережье с мая по февраль 2012–2013 гг. Помимо этого был собран материал в протоке, соединяющей озеро с морем (рис. 1).

В ходе исследований параллельно со сбором зоопланктона производили гидрологические измерения (температура, соленость, концентрация растворенного кислорода,

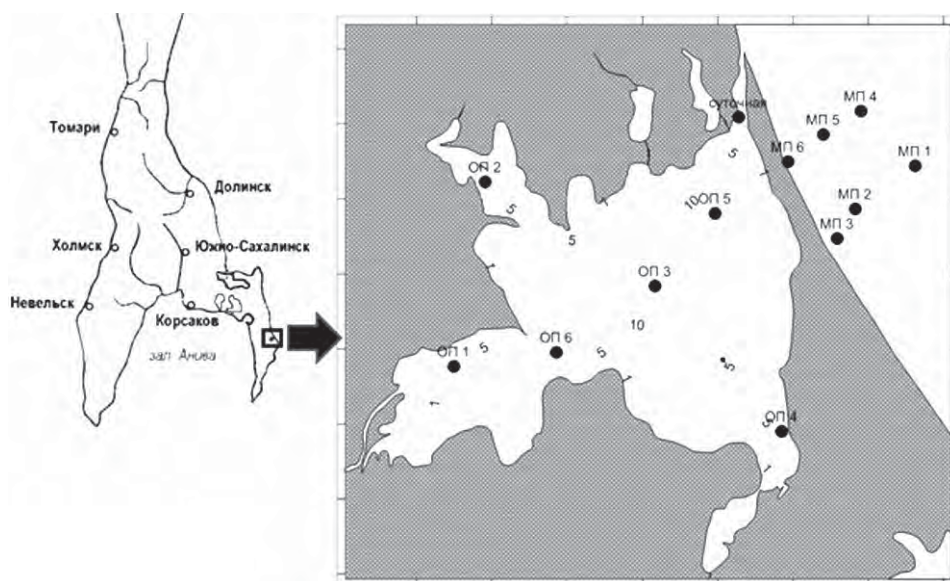


Рис. 1. Расположение гидробиологических станций на озере Птичьё и прилегающем морском побережье в 2012 -2013 гг.

рН). Кроме того на станции, расположенной в протоке, соединяющей озеро с морем, раз в месяц выполнялась суточная съемка гидрологических показателей и отбор зоопланктона (периодичность отбора проб – каждые 3 часа в течение суток).

На 13 станциях (см. рис. 1) за восемь съемок было отобрано 153 сетных пробы зоопланктона (48 проб в озере, 42 - в морском побережье, 63 – на суточной станции в протоке. Для учета микропланктона отобраны батометрические пробы: в озере – 176, в море – 154.

Для количественного учета зоопланктона на каждой станции проводили лов от дна до поверхности большой моделью сети Джеди (БСД-37), с размером ячеи 0,168 мм, диаметром верхнего входного кольца 37 см. На мелководье пробы отбирали путем зачерпывания и процеживания 100 л воды через ту же планктонную сеть. Для более полного учета коловраток использовали батометрические пробы.

Для получения количественных показателей планктона были использованы коэффициенты уловистости, применяемые в системе рыбохозяйственных институтов (Волков, 1996): планктон мелкой фракции – 1,5; планктон средней фракции – 2,0; планктон крупной фракции: эвфаузииды, мизиды, щетинкочелюстные длиной до 10 мм – 2,0, 10–20 мм – 5,0, более 20 мм – 10,0; гипериды длиной до 5 мм – 1,5, 5–10 мм – 3,0, более 10 мм – 5,0; копеподы длиной до 5 мм – 2,0, более 5 мм – 3,0; полихеты, мелкие медузы, птероподы – 1,0.

Для выделения видов-доминантов зоопланктона использовали модифицированный коэффициент относительности (КО) (Зайцев, 1991): $КО = 100p_i \times V_i/V_s$, где: КО - коэффициент относительности; V_i – средняя биомасса i -того вида; V_s – общая биомасса особей в сообществе; p_i – частота встречаемости данного вида, $p_i = m_i/M$, где m_i – число проб, в которых был обнаружен вид i , M – общее количество проб. Вид считается доминирующим, если КО находится в пределах 10000–1000; характерным I порядка – 1000–100; характерным II порядка 100–10; второстепенным I порядка – 10–1; второстепенным II порядка – менее 1.

Для выявления сходства в видовом составе зоопланктона использовали критерий степени сходства Жаккара–Алехина (Чернышева, 1980), рассчитанный по формуле: $K = S \times 100\% (D1 + D2 - S)$, где K – степень сходства; S – число общих форм для обеих выборок; $D1$ – число форм в первой выборке; $D2$ – число форм во второй выборке.

Расчет продукции доминирующих видов проводили физиологическим методом по скорости траты кислорода на обмен для ракообразных, учитывая способ питания планктонных животных (Шунтов В.П., Дулепова, 1997; Шувалов, 1980): $P = R_1 K_2 / (1 - K_2)$, где: P – продукция, кал./м³ в сут.; R_1 – траты на обмен при температуре t °С, кал./м³ в сут.; K_2 – коэффициент использования ассимилированной энергии пищи на образование продукции, где его значение для коловраток равно 0,4–0,5, для ветвистоусых рачков – 0,3–0,4, а для веслоногих – 0,1–0,3, в зависимости от продолжительности развития. Энергетический эквивалент массы был принят равным 0,5 кал/мг сырого веса. Перевод продукции зоопланктона в продукцию рыб проводили по формуле: $N = P \times W \times K_E \times (K_3/100) \times 10^{-6}$, где: N – количество рыбы, кг с озера; P – годовая продукция зоопланктона, мг/м³; W – объем воды озера, м³; K_E – коэффициент эффективности использования пищи на рост; K_3 – средний для экосистемы использования кормовой базы; 10^{-6} – показатель перевода мг в кг.

КРАТКАЯ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА

Озеро Птичье расположено на восточном побережье Тонино-Анивского полуострова между мысами Менапуцы и Птичий нос (рис. 1). Оно имеет длину 4,2 км, максимальную ширину – 4,0 км и общую площадь 63 км². Озеро представляет собой затопленную морем во время среднеголоценовой трансгрессии приустьевую часть долины р. Черной и относится к типу лагун-эстуариев (Бровко, 1991). Для озера характерны многочисленные глубоко вдающиеся бухты, часть которых отчленена наносами от основной акватории. Наибольшие глубины (до 13 м) расположены в его восточной части. Положение протоки, примыкающей к северному берегу лагуны, определяется, с одной стороны, морфоструктурным положением участка, а с другой – преобладающим перемещением пляжных наносов в северном направлении. Протока имеет выраженный сезонный характер – во время штормов протока обычно замыкается и прорывается после весеннего паводка, либо после сильных дождей. Наличие или отсутствие перемычки, закрывающей протоку, определяет особенности гидрохимического режима лагуны и уровень воды. В открытом состоянии уровень воды в лагуне определяется приливно-отливными явлениями и характеризуется суточной амплитудой до 1 м.

Гидрологический режим

Особенностью гидрологического режима озера Птичье, является решающий вклад в изменение гидрологических характеристик на акватории озера вносит водообмен с морем, либо его отсутствие в случае замыка протоки. Естественным образом в сезонном масштабе преобладает климатический фактор (прогрев, конвективное перемешивание, паводковый сток и т.п.), но скорость наступления таких изменений также в значительной мере зависит от существования протоки. При этом, как показали наблюдения (16 ноября 2012 г.) при прорыве протоки, спад уровня воды в озере до уровня моря происходит в течение 12 часов. Подъем же уровня воды, при замытой протоке происходит значительно медленнее и зависит главным образом от речного стока. Все это обуславливает сложный гидрологический режим озера. Однако проведенные в течение 8 месяцев (май–ноябрь 2012 г. и февраль 2013 г.) исследования позволили определить общие сезонные закономерности изменения гидрологических характеристик.

Температура

В весенний период на всей акватории оз. Птичье наблюдается гомотермия от поверхности до дна. Температура озера составляет в среднем 2,5 °С, изменяясь от 3,4 °С на поверхности до 2,2 °С у дна (глубина 13 м), при открытой протоке и температуре поверхностного слоя моря 2,0–2,5 °С.

Летом в озере наблюдается устойчивая двуслойная стратификация с теплым поверхностным слоем и холодным нижним (июнь, июль, август, сентябрь). При закрытой протоке (июль) толщина поверхностного распресненного теплого слоя (18 °С) достигает пяти

метров, при этом у дна сохраняется температура порядка 4,5 °С. Температурный градиент в слое скачка достигает в этот период 7 °С/м.

При открытой протоке (август) толщина поверхностного распрессенного теплого слоя (20 °С) за счет притока морских вод (с температурой порядка 15 °С) и уменьшения речного стока в летнюю межень уменьшается до двух метров, температура у дна составляет 7,5–8,5 °С. Температурный градиент в слое скачка изменяется незначительно и по-прежнему достаточно высок – около 5,5 °С/м.

Осенью в результате выхолаживания температура верхнего метрового слоя понижается, но в связи с устойчивой плотностной стратификацией конвективного перемешивания не происходит (октябрь). Образуется трехслойная структура с двумя термоклинами, разделяющими верхний метровый слой с температурой 10,5–11,0 °С, промежуточный трехметровый слой с температурой 12,0–14,0 °С и придонный холодный слой с температурой порядка 8,0 °С. Температурный градиент в верхнем слое скачка достигает 3,0 °С/м, в нижнем – не более 1,5 °С/м. При этом протока была закрыта, и при значительном стоке речных холодных вод, водообмен с морем не осуществлялся (температура поверхности моря около 14,0 °С). Видимо отсутствие адвекции и обусловило такую сложную картину вертикального распределения температуры в озере.

К зимнему периоду исследований следует отнести съемки, выполненные в ноябре 2012 г. и феврале 2013 г. В ноябре температура воздуха достигала отрицательных значений и на большей части акватории озера наблюдались начальные виды льда (шуга, склянка, темный нилас), не тающие даже в дневное время суток. В феврале устойчивый ледяной покров на озере достигал толщины 1 метр. В обоих случаях протока в момент проведения гидрологической съемки была закрыта и водообмен с морем не осуществлялся. Уровень воды в нем превышал уровень моря более чем на 2 м.

Характеристики вертикального распределения температуры воды в ноябре и феврале на акватории озера схожи – наблюдается двуслойная стратификация: верхний холодный слой, непосредственно подвергающийся выхолаживанию и нижний более теплый слой, лежащий за границей скачка плотности. На локальных «глубоководных» участках акватории (более 10 м) прослеживался еще один придонный слой холодных вод (8–9,0 °С), медленно размываемый в результате конвекции. Зимой толщина верхнего холодного слоя с температурой воды около 6,0 °С (такая же, как и в море) составляла 5–6 м, нижнего теплого (11,0 °С) – 3 м. Температурный градиент в верхнем слое скачка достигал 3,0 °С/м, в нижнем – не более 1,0 °С/м.

В феврале температура подо льдом в верхнем метровом слое была близка к точке замерзания 0–0,5 °С и с глубиной плавно повышалась, достигая у дна 4,2 °С.

Таким образом, в поверхностном слое наблюдается типичное сезонное распределение температуры с максимальным прогревом в августе – в среднем 19,7 °С. В придонном слое наблюдается постепенный прогрев воды до 9,76 °С в июле, после чего вплоть до ноября сохраняется постоянная температура на уровне 8,5–9,95 °С. Следует отметить, что летом и осенью (июль – октябрь) температура придонного слоя в озере холоднее, чем в прилегающем морском побережье (при близкой солености), что создает условия для существования морской холодноводной фауны. Зимой и весной (ноябрь – июнь), наоборот, температура придонного слоя выше, чем в прилегающем морском побережье.

Соленость

Вертикальное распределение солености на акватории озера во все сезоны представляет собой разделенную пикноклином двухслойную структуру. В верхнем распрессенном слое соленость колеблется от 1,5 до 20,4 psu, в зависимости от сезона, стока и водообмена с морем, в нижнем характеризуется соленостью близкой к морской. Пикноклин располагался на глубине от 2 м при открытой протоке до 5 м при закрытой протоке

В придонном слое соленость сохраняется почти постоянной и колеблется в различные периоды года от 28,83 до 31,46 psu. Таким образом, в озере созданы условия для сосуществования двух типов биот – солоноватоводной мезогалинной (верхний слой) и морской (нижний слой). Поскольку соленость в озере никогда не падает до критической, олигогалинная фауна в озере практически отсутствует.

Кислород

В распределении растворенного кислорода наблюдается два основных варианта или типа, которые напрямую зависят от сезона и поступления морских вод, богатых кислородом. Зимой (ноябрь – май) наблюдается повышение содержания кислорода от дна до поверхности. Летом (июнь – сентябрь) при открытой протоке картина вертикального распределения кислорода аналогична зимней. При закрытой протоке в верхней части нижнего слоя (вода близкая по характеристикам к морской) отмечается слой повышенной концентрации кислорода, что соответствует слою активного продуцирования фитопланктона. Во всех случаях у дна в профундали наблюдается обедненный кислородом слой.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате анализа проб на акватории оз. Птичье, в районе протоки и сопредельном участке морской акватории было идентифицировано 90 таксонов (видов и внутривидовых таксонов) из 22 фаунистических групп, из них непосредственно в морском прибрежье – 64 вида, и в озере – 38.

Впервые для присахалинских вод отмечены семь таксонов – один вид монстриллид и шесть видов гарпактицид (табл. 1). Монстриллида *Monstrilla grandis* распространена от экваториальных до субтропических областей и для Охотского моря ранее не указывалась. В период работ данный вид обнаружен в протоке и озере. Гарпактициды *Paralaophonte hyperborean* и *Tisbe minor* относятся к аркто-бореальным видам, обычным для Северного ледовитого, Атлантического и Тихого океанов, но в водах Сахалина отмечены впервые, *Danielssenia similis* и *Tisbe furcata* ранее отмечались для Приморья (Численко, 1971; Численко, 1978), *Scutellidium arthuri* для о. Хоккайдо (Ito, 1976). Также впервые для Сахалина отмечен *Thalestris* sp. Данные гарпактициды были обнаружены только в пределах акватории озера.

Таблица 1

Виды, впервые отмечены для внутренних и прибрежных морских вод побережья Сахалина

N	Таксоны	Распространение
1	<i>Monstrilla grandis</i> Giesbrecht, 1891	Тропики и субтропики всего мира. Японское море
2	<i>Danielssenia similis</i> Chislenko, 1978	Отмечены в Приморье
4	<i>Tisbe furcata</i> (Baird, 1837)	
3	<i>Scutellidium arthuri</i> Poppe, 1884	Отмечен на Хоккайдо
5	<i>Tisbe minor</i> (T. & A. Scott, 1896)	Арктико-бореальный (Сев. Ледовитый океан, Атлантический океан, Тихий океан)
6	<i>Paralaophonte hyperborea</i> (Sars G.O., 1909)	
7	<i>Thalestris</i> sp.	Нет данных

На всех участках исследований преобладал голопланктон. Среди выделенных фаунистических групп голопланктона наиболее разнообразно были представлены Copepoda, Cladocera, Rotifera. Также значительным видовым составом отличался личиночный планктон (меропланктон) – Coelenterata, Polychaeta, Bivalvia, Gastropoda, Echinodermata и Decapoda. Кроме этого, в составе планктона были обнаружены свободноплавающие стадии ряда паразитических копепод родов *Ergasilus*, *Monstrilla*, *Hemicyclops*. В связи с не-

Таблица 2

**Структурообразующие виды зоопланктона в районе оз. Птичье
и прилегающем морском побережье (по биомассе)**

Озеро	В, мг/м ³	Протока	В, мг/м ³	Море	В, мг/м ³
<i>Oithona brevicornis</i>	101,678	<i>Oithona brevicornis</i>	70,771	<i>Pseudocalanus newmani</i>	79,097
<i>Acartia hudsonica</i>	62,214	<i>Acartia hudsonica</i>	47,413	<i>Oithona similis</i>	52,692
<i>Eurytemora pacifica</i>	29,446	<i>Eurytemora pacifica</i>	28,393	<i>Centropages abdominalis</i>	86,359
<i>Acartia</i> spp.	16,789	<i>Gonionemus vertens</i>	17,134	Copepoda indet., larvae	19,296
<i>Eurytemora</i> spp.	15,863	<i>Oithona</i> spp.	14,593	<i>Acartia hudsonica</i>	15,431
<i>Oithona</i> spp.	13,421	<i>Pseudodiaptomus inopinus</i>	14,450	<i>Neocalanus plumchrus</i>	41,519
<i>Synchaeta</i> sp.	11,873	<i>Eurytemora</i> spp.	14,209	<i>Aglantha digitale</i>	27,899
Gastropoda indet., veliger	10,837	<i>Globigerina</i> sp.	14,099	<i>Oithona bevicornis</i>	11,667
<i>Podon leuckartii</i>	10,545	<i>Acartia</i> spp.	10,928	<i>Acartia longiremis</i>	5,283
Copepoda indet., nauplii	8,878	<i>Pseudocalanus newmani</i>	6,009	<i>Euphausiacea</i> gen. sp., larvae	5,032
<i>Evadne nordmanni</i>	7,389	Polychaeta indet., larv.	5,646	<i>Podon leuckartii</i>	6,412
Polychaeta indet., larv.	4,642	Copepoda indet., nauplii	5,547	<i>Pseudocalanus minutus</i>	11,708
<i>Pseudocalanus newmani</i>	4,302	<i>Centropages</i> spp.	5,341	<i>Parasagitta elegans</i> , juv.	6,515
<i>Oithona similis</i>	3,222	<i>Oithona similis</i>	5,175	<i>Eurytemora pacifica</i>	5,597
Varie	18,137	Varie	28,912	Varie	35,798
Итого:	319,24	Итого:	288,62	Итого:	410,31

большими глубинами в озере получает заметное развитие придонный планктон и нектобентос, представленные разнообразными гарпактицидами и мизидами.

Несмотря на значительный список видов, структуру сообщества определяют 11–14 видов, формирующих 90–95 % от общей биомассы зоопланктона (табл. 2). В морском побережье ядро сообщества формируют эпипелагические и неритические виды *Pseudocalanus newmani*, *Ps. minutus*, *Oithona similis*, *Centropages abdominalis*, *Acartia hudsonica*, *Aglantha digitale*, и один глубоководный вид – *Neocalanus plumchrus*. В озере и в районе протоки группу структурообразующих видов в подавляющем большинстве составляют неритические виды голопланктона (морские и солоноватоводные) и личиночный планктон – *Oithona brevicornis*, *A. hudsonica*, *Eurytemora pacifica*, *Pseudodiaptomus inopinus*, молодь копепод родов *Acartia*, *Oithona* и *Centropages*, коловратки рода *Synchaeta*, личинки Gastropoda и Polychaeta. Протока занимает промежуточное положение между морем и озером и включает 44 таксона общих для озера и прибрежной морской зоны. В целом, видовой состав является обычным для прибрежных вод юго-востока Сахалина. Сходство фаун по Жаккару-Алехину между морским побережьем и озером составляет 33 %, между озером и протокой – 64 %, между протокой и морским побережьем – 35 %.

К наиболее заметным отличиям озерной фауны от прибрежной морской относятся: незначительная доля крупной фракции морского голопланктона (щетинкочелюстные, гипериды и крупные копеподы), массовое развитие мелкой фракции, представленной морскими неритическими видами циклопид рода *Oithona* и коловраток *Synchaeta*, присутствие в небольших количествах солоноватоводных эстуарных видов, которые полностью отсутствуют в море.

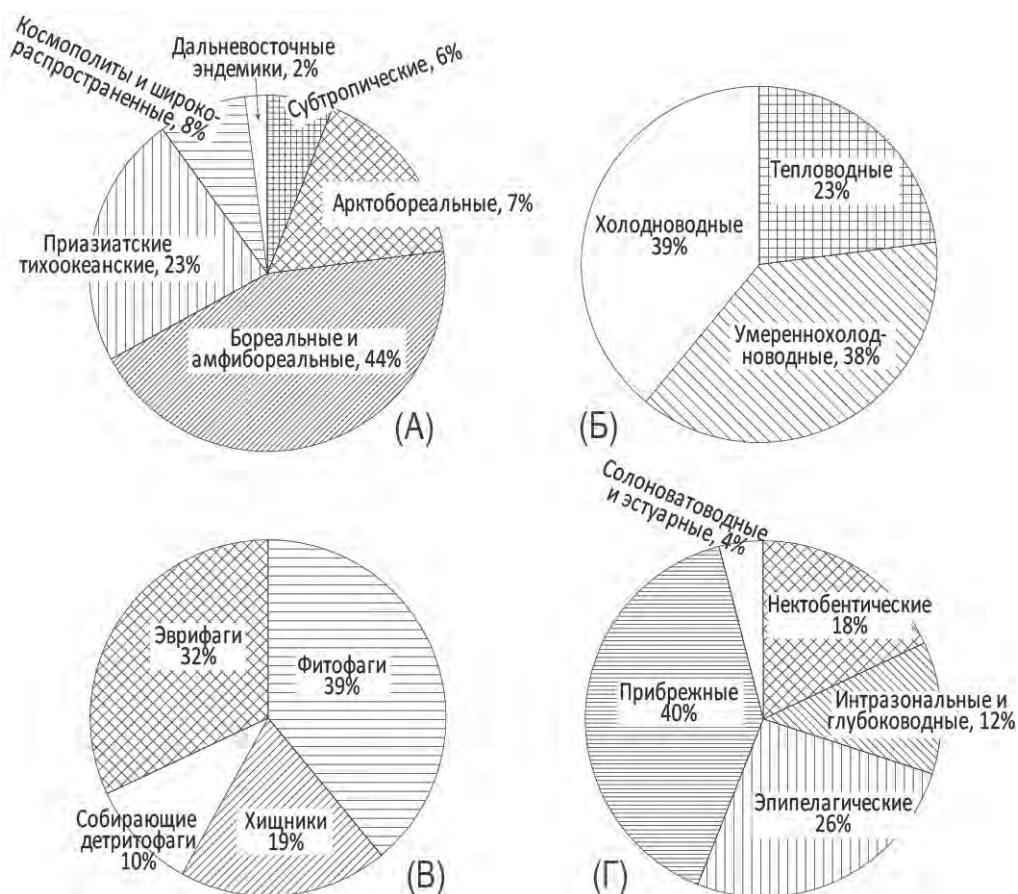


Рис. 2. Экологические характеристики зоопланктона в районе озера Птичь и прилегающего морского побережья Охотского моря

По числу видов в исследуемом районе преобладают умереннохолодноводные и холодноводные виды с широким ареалом обитания. Доминируют бореальные и амфибореальные, приазиатские тихоокеанские и субарктические виды (рис. 2А, 2Б).

В трофическом отношении зоопланктон представлен 4 крупными категориями с преобладанием фитофагов-фильтраторов и эврифагов (рис. 2В).

В биотопическом отношении доминируют прибрежные неритические и эпипелагические морские виды (рис. 2Г).

Благодаря географическому положению планктонное сообщество имеет выраженный сезонный характер.

В мае в морском побережье зафиксированы довольно высокие показатели биомассы зоопланктона (до 318 мг/м³), что связано с активизацией биологических процессов в среде. В этот период получает значительное развитие желетелый планктон. Данная группа доминирует по биомассе благодаря крупноразмерным экземплярам *Aglantha digitale* (средняя длина 11–12 мм) и многочисленной молодежи нескольких более редких видов прибрежных медуз (*Campanularia quadrata*, *Plotocnide borealis*). В этот период медузы формируют 63% от общей биомассы планктона. Второй особенностью весеннего сообщества зоопланктона является активное развитие массовых приповерхностных и неритических копепод родов *Pseudocalanus*, *Oithona*, *Acartia*, а также эвфаузиид, представленных стадиями икры и науплиусов, щетинкочелюстных *Parasagitta elegans* и полихет (в основном *Polydora* sp., *Magelonidae* indet.).

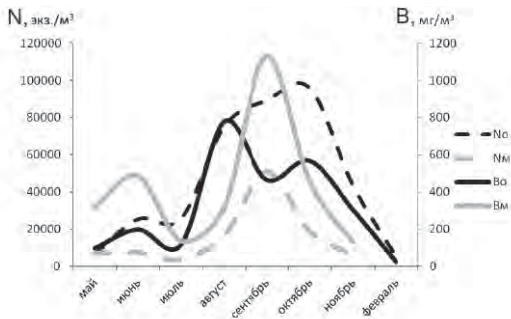


Рис. 3. Сезонная динамика численности (N) и биомассы (B) зоопланктона в озере (o) и морском побережье (m).

В озере в данный период не отмечено активности планктона. Биомасса в мае находилась на уровне 90–100 мг/м³, доминировали личинки полихет (32 мг/м³) и мелкие циклопы *Oithona brevicornis* (15 мг/м³), формирующие в сумме 48% от общей биомассы зоопланктона (рис. 3). Наряду с этим заметное развитие получали мелкие медузы, личиночные стадии веслоногих и усконогих раков, копеподы родов *Pseudocalanus* и *Acartia*.

Основу весеннего сообщества зоопланктона формируют в прибрежье широко распространенные бореальные виды приповерхностных горизонтов, а в озере – более

50% составляют субтропические тепловодные виды прибрежного комплекса (рис. 4, 5).

С повышением температуры, в июне, происходит расширение видового состава и рост количественных показателей зоопланктона. Изменяется также зоогеографическая структура сообщества – увеличивается доля тихоокеанских приазиатских и субтропических видов (рис. 4, 5). Также особенностью данного периода является появление в мор-

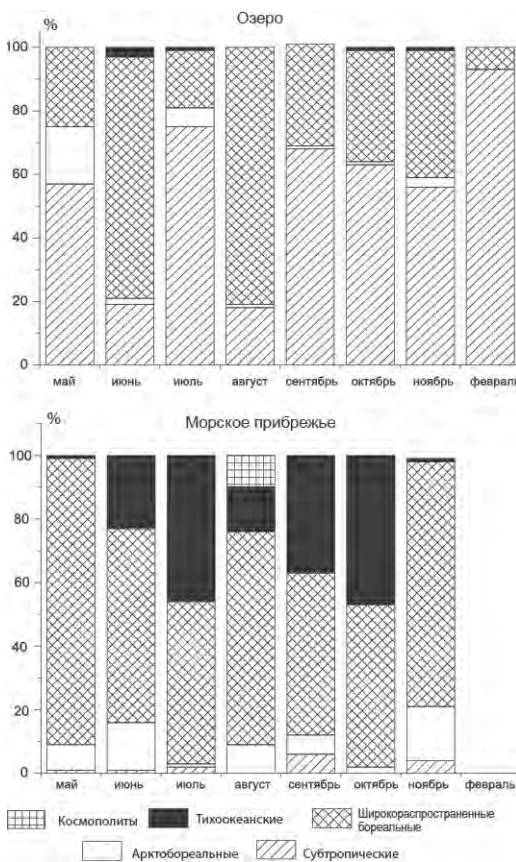


Рис. 4. Зоогеографическая характеристика зоопланктона озера Птичьё и прилегающей морской акватории

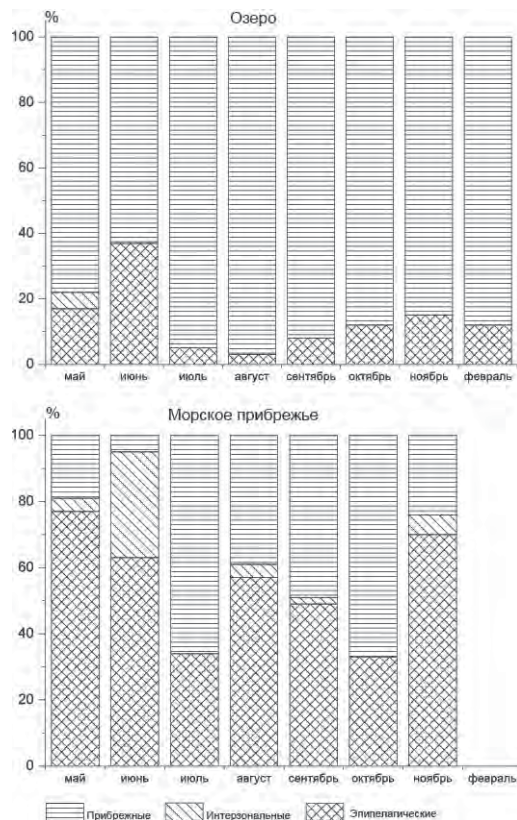


Рис. 5. Характеристика зоопланктона по батиметрическому распространению озера Птичьё и прилегающей морской акватории

ском побережье молоди интерзональных и глубоководных видов копепод, в частности *Neocalanus plumchrus* и *Calanus glacialis* (рис. 5). Биомасса зоопланктона в побережье достигает 500 мг/м³, в озере – 198 мг/м³ (рис. 3).

В июле, и в морском побережье и в озере, наряду со снижением видового разнообразия отмечается спад количественных показателей, как по численности, так и по биомассе, изменяется структура сообщества. Зоопланктон имеет выраженный неритический характер – в массе развивается мелкий прибрежный планктон (*Centropages*, *Acartia*, *Eurytemora*, *Podon leuckartii*, *Pseudocalanus*, *O. brevicornis*). Биомасса не превышает 140 мг/м³ (рис. 3–5).

В августе в озере наблюдается годовой максимум развития зоопланктона. Здесь массово развиваются *E. pacifica*, *A. hudsonica* и *O. brevicornis*. В прибрежных водах в этот период продолжает доминировать неритический комплекс, повышается биомасса и численность зоопланктона. Это связано с интенсивным прогревом воды на мелководье. В морских водах заметно изменяется численность приповерхностного планктона (рис. 4, 5).

В сентябре на акватории озера отмечается падение биомассы, вызванное, вероятно, цветением синезеленых водорослей (сентябрьское снижение отмечается во всех исследованных нами озерах юга острова, в том числе в озерах Тунайча и Вавайские), которое выражается в резком сокращении численности отдельных видов копепод. Так в оз. Птичье падает численность *Eurytemora*, но в то же время плотность *Oithona* и *Acartia* продолжает расти, что хорошо видно на кривой общей численности зоопланктона (рис. 3). В море же в это время отмечается пик развития летнего сообщества, сформированного неритическими и эпипелагическими морскими видами *C. abdominalis*, *O. similis* и *Ps. newmani*, *A. hudsonica*.

Начиная с октября, в морском побережье наблюдается устойчивый спад количественных характеристик планктона, отражающий падение температуры поверхности воды (рис. 3, 6). Тем не менее, по структуре сообщество сохраняет черты неритического с преобладанием умеренно–холодноводных широкораспространенных амфибореальных и тихоокеанских приазиатских видов (рис. 4, 5). В озере снижение температуры воды происходит медленнее, что связано с изолирующими свойствами линзы солоноватых вод верхнего слоя и отсутствием активного вертикального перемешивания. Это позволяет продлить на акватории озера период вегетации, активного размножения и роста планктонов. В связи с этим, в октябре в озере отмечается третий пик биомассы зоопланктона за счет максимальной численности *O. brevicornis* и *A. hudsonica*. Тепловодный и неритический характер сообщества сохраняется.

В дальнейшем, в ноябре с понижением температуры в озере, происходят структурные изменения в сообществе, выраженные в смене доминирующих видов и падении количественных показателей планктона (см. рис. 5). В этот период в морском побережье по численности и биомассе преобладают морские эпипелагические виды *O. similis* и *Ps. newmani*, *Fritillaria borealis*, *Oikopleura labradoriensis*, а также появляются в небольшом количестве интерзональные виды (*Limacina helicina*, *Metridia pacifica*, *Mesocalanus tenuiremis*). При этом доля неритических видов остается довольно высокой.

Наблюдения, проведенные на акватории озера в феврале, показали, что сообщество зоопланктона находится в состоянии покоя, биомасса не превышает 25 мг/м³ при численности чуть более пяти тыс. экз./м³.

За счет преобладания более крупных видов в морском побережье, в целом для всего периода исследований, отмечаются более высокие показатели биомассы (см. табл. 2, рис. 5), в то время как в озере максимум численности организмов превышал таковую в море за счет массового развития мелких таксонов. Также в озере раньше наступают и дольше длятся оптимальные для функционирования зоопланктона условия.

Сравнительный анализ характеристик планктона при «открытой» и «закрытой» протоке не выявил четкой зависимости. Флуктуации численности и биомассы были скорее связаны с сезонными перестройками внутри сообществ зоопланктона моря и озера. Наличие протоки мало влияло на проникновение морских видов в озеро, проявляясь лишь

в незначительном увеличении доли морских видов в протоке и прилегающих к ней водах озера, что связано с кратковременностью образующейся связи и мелководностью протоки большую часть времени её существования.

Продукция. Расчет продукционных показателей сообщества зоопланктона в озере произведен с учетом сезонной динамики численности и биомассы основных возрастных стадий доминирующих и характерных форм озера: *Synchaeta* sp., *E. herdmani*, *E. pacifica*, *A. hudsonica*, *O. brevicornis*. Как видно из графика (рис. 6), кривая продукции повторяет

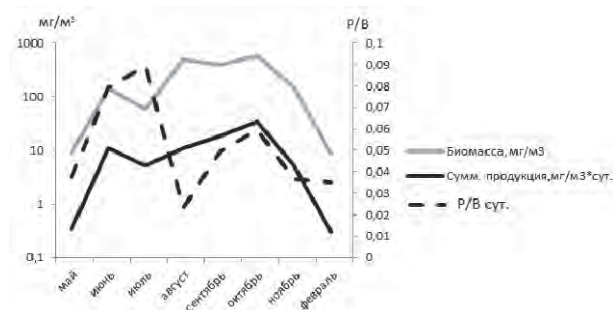


Рис. 6. Сезонная динамика продукционных показателей доминирующих видов зоопланктона в оз. Птичье

кривую биомассы – максимальные показатели продукции и биомассы доминирующих видов отмечались в озере в октябре в период массового развития *O. brevicornis* и *A. hudsonica*. Общая суммарная продукция зоопланктона за исследуемый период составила 2393 мг/м³ сырого веса, годовой Р/В-коэффициент составил 15,7. Используя формулу перевода продукции зоопланктона в продукцию рыб-планктофагов (Методика..., 2011), зная площадь озера (3,92

км²) и его среднюю глубину (6,2 м), была получена величина продукции рыб-планктофагов за период с мая по февраль – она составила 1116 кг с озера. Следует учитывать, что рыбы-планктофаги употребляют в пищу также организмы нектобентоса, представленные в озере бокоплавами и мизидами, которые по нашим расчетам имеют в озере сходную с зоопланктоном продукцию. Особенно велика роль крупных нектобентических форм в питании взрослых рыб-планктофагов, для которых собственно озерный планктон, представленный в основном мелкой и средней фракцией, слишком мелок.

Таким образом, расчетная продукция рыб, полученная из продукции озерного зоопланктона, в первую очередь относится к молоди рыб, что особенно важно в рамках планируемого строительства на берегах реки Черной лососевого рыбоводного завода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На гидрологический режим озера Птичьего большое влияние оказывает водообмен с морем, либо его отсутствие в случае замыва протоки.

Озеро имеет двуслойную структуру. Верхний солоноватый слой играет роль изолятора, позволяя лежащим под ним водам дольше, чем в море, сохранять тепло осенью, продлевая период вегетации.

Зоопланктон озера отличается от такового прибрежной части моря почти полным отсутствием облигатных хищников, преобладанием неритического морского и наличием солоноватоводного планктона, низкой долей морского интразонального океанического планктона. Зоопланктон озера представлен мелкой и средней фракцией с доминированием мелкоразмерных копепод *O. brevicornis*, *A. hudsonica* и *E. pacifica*. Преобладание мелкой фракции благоприятно сказывается на кормовой базе молоди рыб, обитающих в озере, но мало подходит для питания взрослых рыб-планктофагов, в том числе проходных.

Прибрежные морские воды характеризуются более высокими биомассами зоопланктона. Основу сообщества на морском участке составляют эпипелагические морские и неритические виды, а в отдельные сезоны (весна, осень) и интразональные виды, представленные молодью массовых видов дальневосточных морей. Ядро сообщества в прибрежье формируют *Ps. newmani*, *O. simiulis*, *C. abdominalis*.

Исследования показали, что наличие связи с морем и морские приливы мало влияют на состав зоопланктона озера – проникновения морской планктонной фауны в озеро практически не наблюдается. Суточные колебания плотности зоопланктона в озере мало зависят от флуктуаций солености и температуры, более заметное влияние имеют, по-видимому, ветровые нагоны и естественные суточные вертикальные миграции гидробионтов. При отсутствии связи с морем выражены ночные пики плотности зоопланктона. При открытой протоке и активной инфильтрации (во время шторма и ветрового нагона), помимо ночного увеличения плотности может наблюдаться и дневное увеличение биомассы, связанное с приливными явлениями.

Количественные показатели зоопланктона в озере близки к таковым для лагун имеющих однонаправленный сток в море (Вавайские озера, Тунайча). Биомассы в среднем составили в озере – 319 мг/м³, в море – 410 мг/м³.

Расчет продукционных показателей позволил оценить продукцию зоопланктона в 2392,5 мг/м³ и годовой Р/В-коэффициент – 15,7. Данные показатели позволяют ориентировочно рассчитать количество молоди рыб, способное прокормиться в данном водоеме – 1116 кг за вегетационный сезон. Данные расчеты могут оказаться востребованными при планируемом строительстве ЛРЗ на р. Черной.

Благодарности

Авторы выражают глубокую благодарность всем сотрудникам СахНИРО, принимавшим участие в сборе и обработке материала, а также лично к.б.н. Е. С. Чертопруд (МГУ) за определение ряда видов гарпактицид.

ЛИТЕРАТУРА

- Бровко П.Ф. 1991.** Классификации лагун // Береговая зона дальневосточных морей. Л.: Изд-во ГО СССР, С. 40–55.
- Волков А.Ф. 1996.** Зоопланктон эпипелагиал и дальневосточных морей: состав сообществ, межгодовая динамика, значение в питании нектона: автореф. дис д-ра. биол. наук. Владивосток. 70 с.
- Зайцев Г.Н. 1991.** Математический анализ биологических данных. М.: Наука. 184 с.
- Методика исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам // Приложение к приказу Росрыболовства от 25.11.2011, № 1166.
- Чернышева Э.Р. 1980.** К биогеографической характеристике зоопланктонных копепод прибрежной зоны северо-восточного Сахалина // Распределение и рациональное использование водных зоресурсов Сахалина и Курильских островов. Владивосток: Изд-во ДВНЦ АН СССР. С. 32–37.
- Численко Л.Л. 1978.** Новые виды веслоногих рачков гарпактицид (Copepoda, Harpacticoida) из залива Посьета Японского моря // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. Т. 61. С. 161–192.
- Численко Л.Л. 1971.** Новые массовые формы гарпактицид (Copepoda, Harpacticoida) из залива Посьета Японского моря // Фауна и флора залива Посьета Японского моря. Л.: Наука. С. 151–182.
- Шувалов В.С. 1980.** Веслоногие рачки–циклопоиды семейства Oithonidae Мирового океана // Определители по фауне СССР: М.-Л.: Наука. 101 с.
- Шунтов В.П., Дулепова Е.П. 1997.** Современный статус, био- и рыбопродуктивность Охотского моря // Комплексные исследования экосистемы охотского моря. М.: ВНИРО. С. 248–261.
- Ito T. 1976.** Descriptions and records of marine harpacticoids copepods from Hokkaido, VI (1) // Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University. Ser. VI. Zoology. V. 20. № 3. P. 448-567.