

**ЗООПЛАНКТОН ОЗЕРА ХАНКА: ДИНАМИКА,
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, ПРОДУКЦИЯ**

Е.И. Барабанщиков

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ТИНРО-Центр),
г. Владивосток

За последние 70 лет изучением планктонных животных оз. Ханка занимались неоднократно (Рылов, 1933; Булдовский, 1934; Каневец, Розов, 1934; Ueno, 1940; Боруцкий, 1952; Марковцев, 1979б). Однако настоящие работы носили фрагментарный, неполный характер. Данные, полученные в результате этих исследований, не могли показывать полной картины изменений, происходящих в сообществе зоопланктона оз. Ханка в течение года.

Комплексные мониторинговые работы ТИНРО-Центра на оз. Ханка проводились с 1990 по 2000 г. Одним из этапов исследований служило изучение процессов, происходящих в сообществе зоопланктона. В 1990–1992 гг. съёмки выполнялись только в безлёдный период, в 1993–1996 гг. – круглогодично, а в 1997–2000 гг. – только 2–3 раза в период с июня по октябрь. Результаты проведённых работ частично опубликованы (Барабанщиков, 1993, 1995, 1997а, б, 2000а, 2001; Кожевников, Барабанщиков, 1995; Барабанщиков, Кожевников, 1998).

В планктонных сборах нами обнаружено 135 таксонов животных, десять из которых имели 23 подвида и формы (Барабанщиков, 2000). До двух третьих видов составляют короткоцикловые беспозвоночные (рис. 1). Наибольшее разнообразие наблюдается у колловраток. На их долю приходится более трети всех представителей зоопланктона (56 видов, или 41,5%), а также практически все формы. Несколько меньше ветвистоусых и веслоногих рачков. Количество видов у Cladocera составляет не менее 31 таксона (23%), а у Copepoda – 19 (14%). Остальные представители беспозвоночных, обнаруженные в планктонных сборах, принадлежат различным таксономическим группам (Protozoa, Insecta и др.).

Среди всех видов планктонных животных в оз. Ханка наибольшее значение по биомассе в безлёдный период имеют только 6 – *Epischura chankensis*, *Mesocyclops leuckarti*, *Diacyclops bicuspidatus*, *Diaphanosoma chankensis*, *Daphnia longispina*, *Bosmina fatalis*. Это 80–90% от общего показателя биомассы зоопланктона. Следует заметить, что процентное отношение массовых видов планктонных животных в течение безлёдного периода в различные годы мало изменяются (рис. 2). Доля эпишуры во время него практически постоянна. Только в 1996 г. она возросла до 57,6%, в то время как в остальные годы держалась в пределах 31–39%, большей частью около 37%. Так же слабые

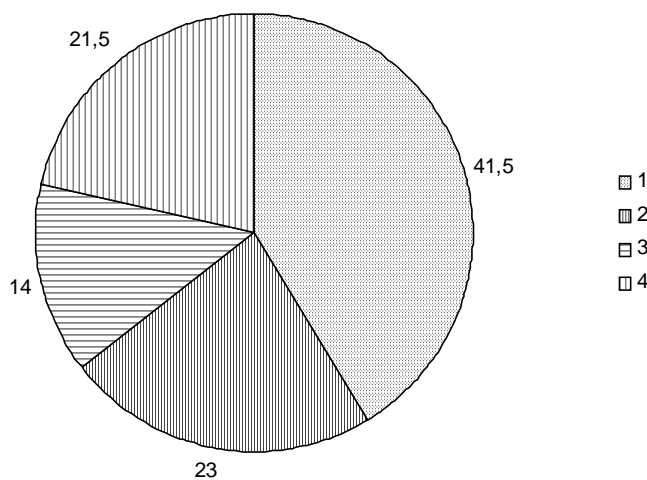


Рис. 1. Доля различных групп животных, обнаруженных в планктонном сообществе в бассейне оз. Ханка. 1990–2000 гг. 1 – Rotatoria, 2 – Cladocera, 3 – Copepoda, 4 – прочие

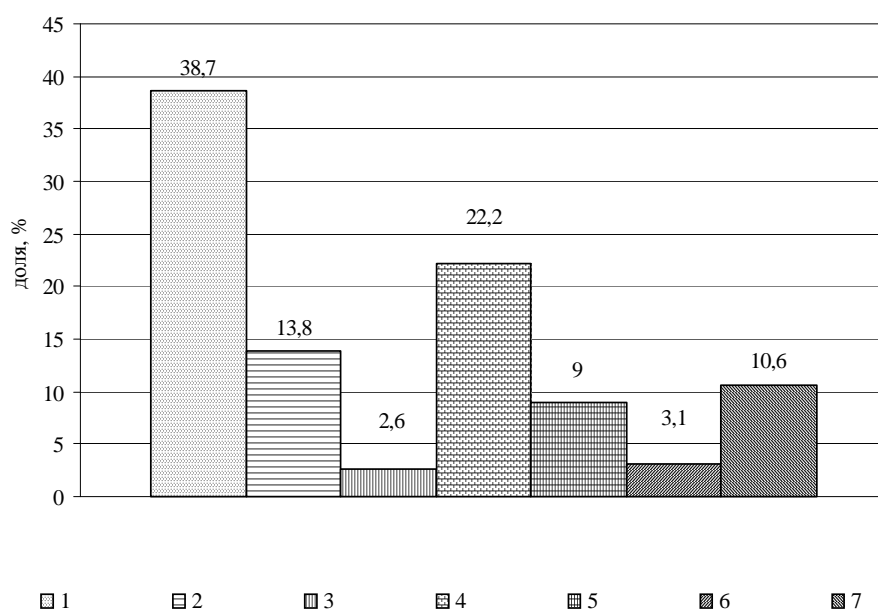


Рис. 2. Средняя доля массовых видов в биомассе зоопланктона в июне–октябре. Оз. Ханка, 1990–1996 гг. 1 – *Epischura chankensis*, 2 – *Calanus*, 3 – науплии Copepoda, 4 – *Diaphanosoma chankensis*, 5 – *Daphnia longispina*, 6 – *Bosmina fatalis*, 7 – прочие

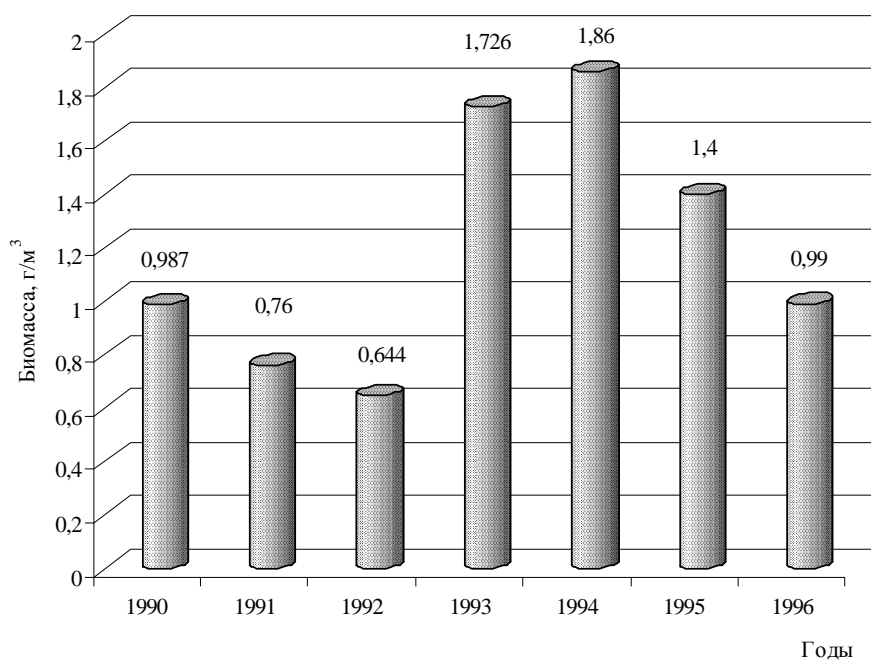


Рис. 3. Межгодовые изменения средних значений биомассы зоопланктона в период с июня по октябрь. Оз. Ханка, 1990–1996 гг.

колебания отмечаются и у остальных видов, за исключением диафаномы и дафнии. У них в 1996 г. наблюдалось уменьшение относительного показателя, которое прослеживалось и в последующие годы. Подобное снижение происходило и с абсолютными значениями биомассы планктонных животных (рис. 3), но основная роль в этом принадлежала настоящим двум представителям ветвистоусых рачков. *Daphnia longispina* – прибрежный вид, а наши работы проводились большей частью на удалении около 500 м от береговой черты. Межгодовые колебания количественных характеристик дафнии в открытой зоне озера сильно зависели от динамики его вод и ветрового режима в течение сезона. Другой ветвистоусый рачок - *Diaphanosoma chankensis* - напротив пелагический вид. Изменения его доли в общей биомассе зоопланктона зависели от уровня воды и температурного режима в Ханке.

За весь период исследований нами в течение сезона работ в разные годы отмечалось пять разновременных максимумов количества планктонных животных (Барабанщиков, Кожевников, 1998). Как правило, в один год их наблюдалось 1–3. Наиболее постоянны они у веслоногих рачков, а у ветвистоусых зависят от уровня и температурного режима водоёма, о чём уже упоминалось выше. Первый, июньский, максимум – самый большой (рис. 4). Его основу чаще всего составляет *Epischura chankensis*. Однако в годы с холодным началом лета полнее реализуется воспроизводительный потенциал холодолюбивых видов, благодаря чему в большом количестве развиваются ветвистоусые рачки, принадлежащие к данной группировке. Чаще всего в составе доминирующих представителей зоопланктона в период июньского максимума биомассы наблюдались *Daphnia longispina* и *Bosmina fatalis*, реже – *Diaphanosoma chankensis*. Только в 1993 г. отмечено массовое развитие коловратки *Conochiloides dossuarius*, которая во время первого пика составляла более 30% от общего количества планктонных животных. Июльский максимум биомассы зоопланктона за всё время исследований отмечен один раз в 1991 г. Его основу целиком составляла *Diaphanosoma chankensis*. Он был вызван ранним прогревом

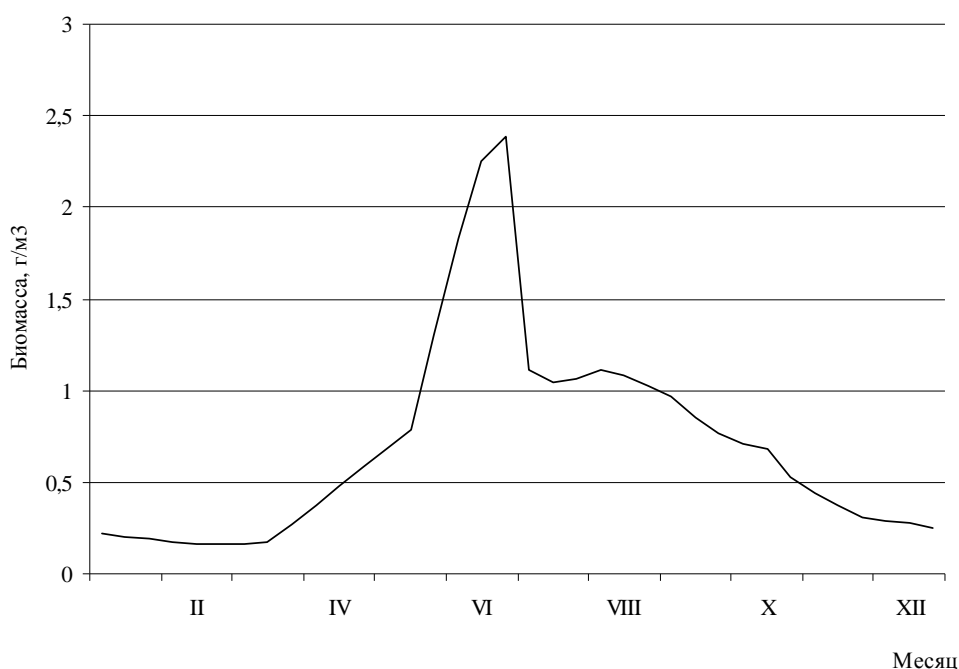


Рис. 4. Сезонное изменение среднемноголетней биомассы зоопланктона в оз. Ханка. 1990–1996 гг.

вод озера. Обычно диафаносома развивается в большом количестве только к августу и составляет основу третьего пика. Четвёртый максимум биомассы отмечается в сентябре. Во время него многочисленны *Diacyclops bicuspidatus*, *Mesocyclops leuckarti*, *Bosmina fatalis*, *Daphnia longispina* и, очень редко, *Diaphanosoma chankensis*. Пятый максимум биомассы самый маленький, наблюдается в конце сентября–начале октября. Он состоит в основном из эпишуры, у которой в это время происходит второе за год увеличение численности, но небольшое, в 3–5 раз меньшее, чем первое, и оно выражено не каждый год. Из всех пяти максимумов наибольшую величину имели два – июньский и августовский, так как по своим показателям они в несколько раз превосходили остальные, которые при усреднении многолетних значений исчезали.

Зимой количество доминирующих видов сокращается за счёт впадающих в диапаузу и из них остаётся только один – *Ep. chankensis*. Эпишура в этот период составляет до 100% от общего показателя биомассы планктонных животных. Только в прибрежье на юге озера она вместе с *Cyclops vicinus* имеет то же значение (Барабанщиков, Кожевников, 1998; Барабанщиков, 2000а, б).

Сезонная динамика зоопланктона в водоёме довольно сильно выражена как в изменении качественных, так и количественных характеристик. Зимой численность планктонов низка, средняя биомасса около 100–200 мг/м³. Данный показатель в пределах центральной зоны колебался за весь период исследований от 20 до 100 мг/м³. Несколько выше биомасса зоопланктона в прибрежье, особенно в южной части озера, где её значения достигают от 100 до 200 мг/м³. Однако выделяются зоны, богатые органикой, в которых количество планктонных животных в несколько раз выше, чем в остальных районах Ханки. Как правило, подобные участки отличаются наличием большого числа коловраток, в частности из рода *Synchaeta*, что неоднократно отмечалось нами при выполнении работ как на самом озере (Барабанщиков, Кожевников, 1998), так и на других

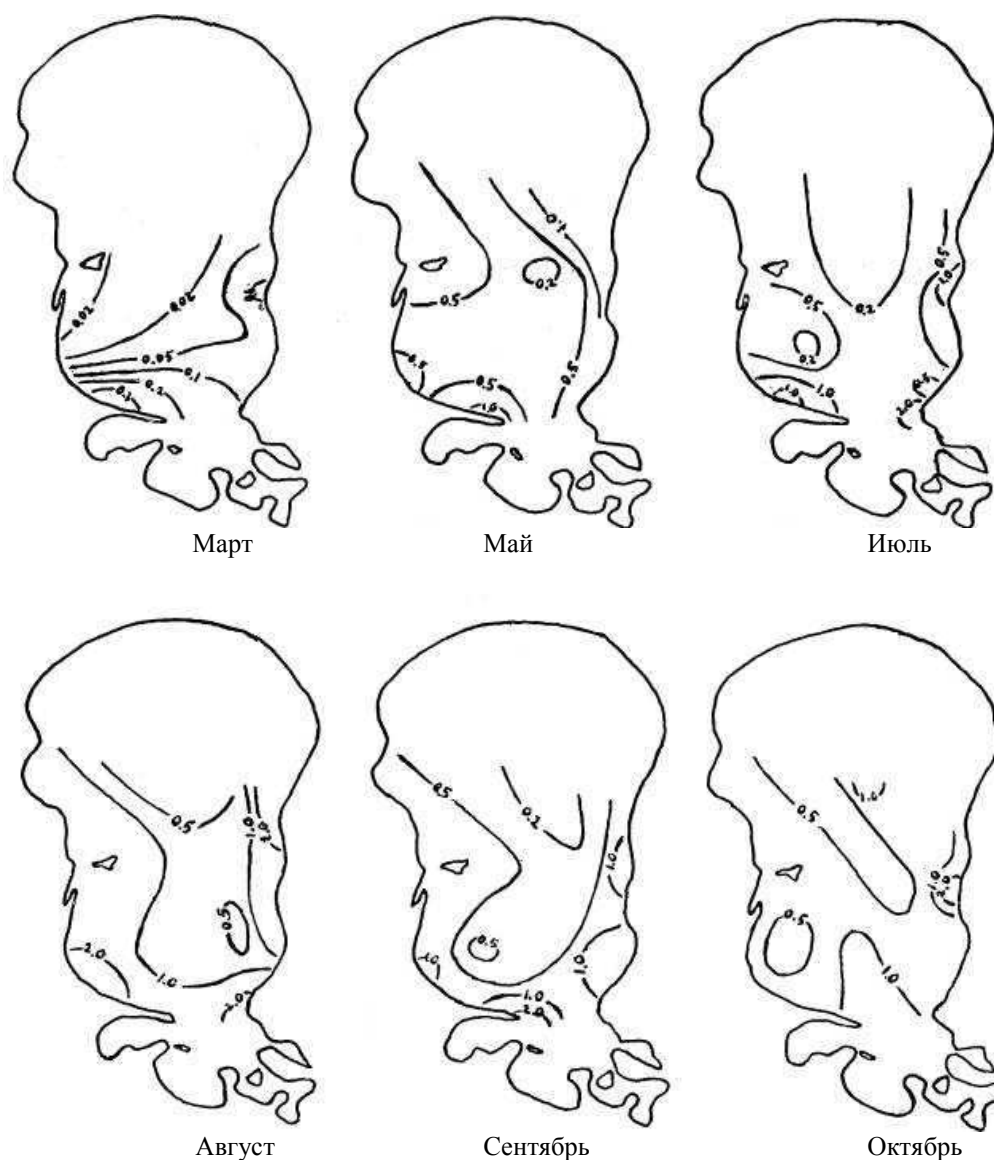


Рис. 5. Распределение биомассы зоопланктона ($г/м^3$) в оз. Ханка. 1993 г.

водоёмах, особенно весной в р. Раздольная (Барабанчиков, 1998). В таких местах биомасса зоопланктона возрастает до $400 \text{ мг}/м^3$, а в отдельные годы – даже до $1 \text{ г}/м^3$.

Состав планктонных беспозвоночных зимой крайне беден, так как основная масса организмов находится в диапаузе на различных стадиях (Алексеев, 1990). Часть их в этот период держится в придонном слое воды. Нами проводились работы по изучению данной группы планктонных животных. Исследования подтвердили наличие в нижних горизонтах озера диапаузирующих организмов. Основную долю их, более 60% от численности и более 70% от биомассы, составляла молодь *Cyclopoida* на III–V копепоидитных стадиях, в то время как в толще воды циклопов было в 3 раза меньше, и преобладала эпишура и науплии *Serrodia*. Интересно, что, несмотря на различие в видовом составе разных слоёв водной массы, наблюдалась корреляция в соотношении биомассы планктонных беспозвоночных в них, т. е. ход всех изменений данного параметра повторялся.

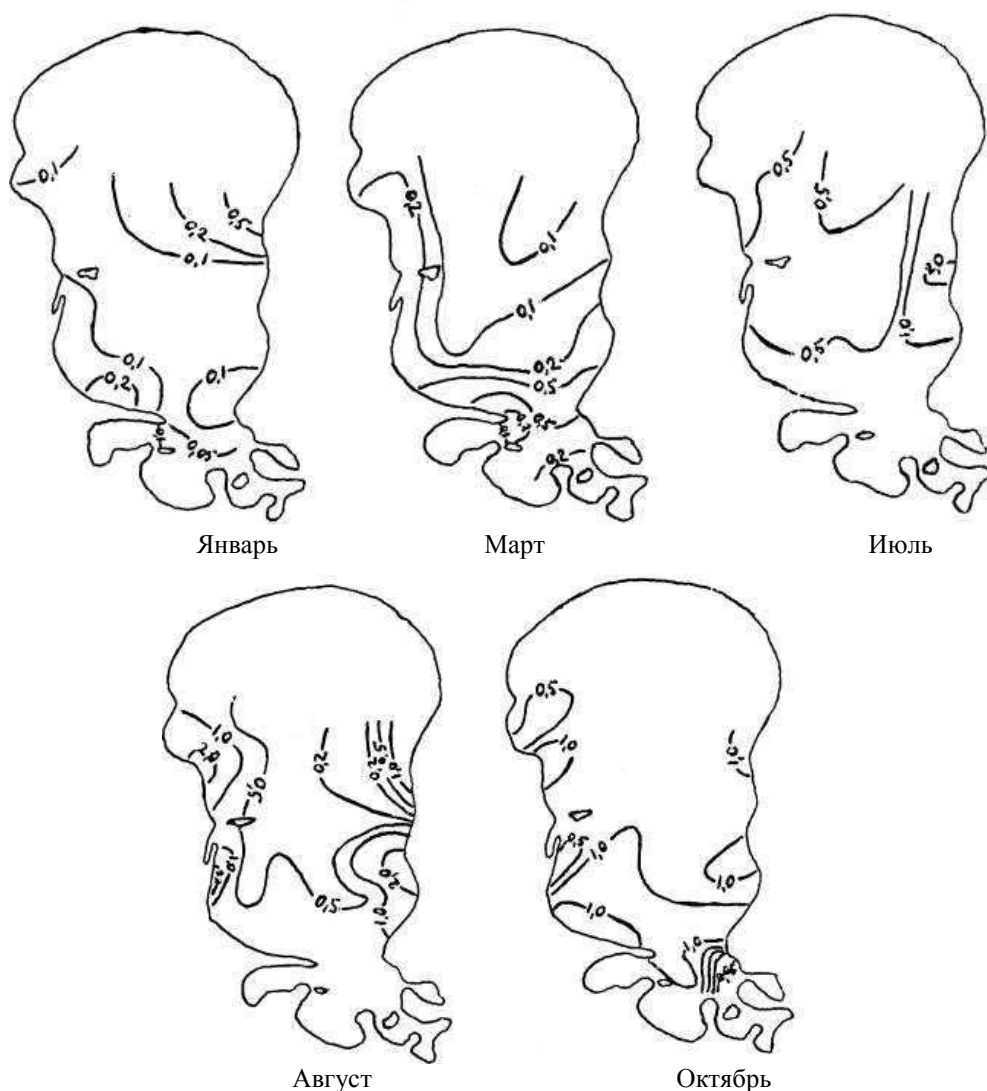


Рис. 6. Распределение биомассы зоопланктона (г/м^3) в оз. Ханка. 1994 г.

Как говорилось выше, в толще воды в зимний период преобладает *Ep. chankensis*, а в прибрежье, кроме неё, – *Cyclops vicinus*. Единично отмечается молодь *Diacyclops bicuspidatus* и *Mesocyclops leuckarti* на IV–V копеподитных стадиях. Кроме Copepoda, в прибрежье часто встречаются *Synchaeta lakowitziana* и *Notolca labis complexa*, а в заливах ещё и *Polyarthra dolichoptera*.

С наступлением весны разнообразие планктонных животных увеличивается. Возрастает количество видов коловраток, заканчивается диапауза и у части ветвистоусых и веслоногих рачков. Общее число таксонов достигает нескольких десятков. Кроме встречавшихся зимой представителей зоопланктона появляются из Copepoda *Boeckella orientalis*, все виды циклопов, из Cladocera – *Bosmina fatalis*, *Daphnia longispina*, *Chydorus sphaericus*, из Rotatoria – *Keratella cochlearis*, *K. valga*, *Brachionus calyciflorus*. Остальные планктёры встречаются в это время единично.

Биомасса зоопланктона в весенний период возрастает на порядок и достигает средних значений (более $1,5 \text{ г/м}^3$) уже к концу мая. Нарастание количественных характери-

стик *Soropoda* происходит за счёт развития копеподитных стадий веслоногих рачков из науплиальных, большей частью эпишуры и в меньшей – циклопов.

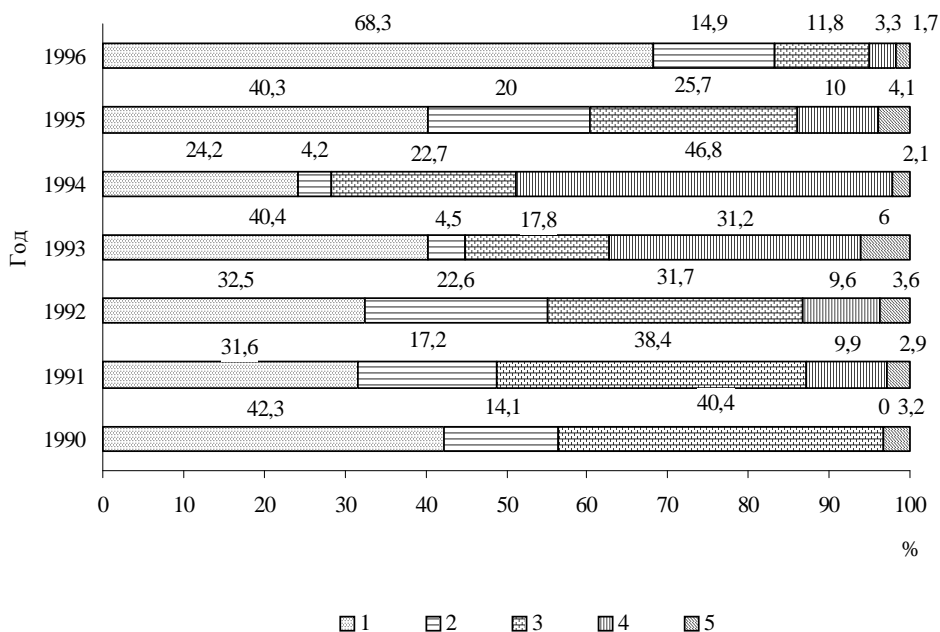


Рис. 7. Межгодовые изменения доли отдельных представителей среди массовых видов зоопланктона по биомассе в период с июня по октябрь. Оз. Ханка. 1 – *Epischura chankensis*, 2 – *Calanus*, 3 – *Diaphanosoma chankensis*, 4 – *Daphnia longispina*, 5 – *Bosmina fatalis*

В холодные годы наступление лета задерживается на 2–3 нед. (Барабанщиков, Кожевников, 1998), что позволяет, о чём говорилось выше, в полной мере реализовать репродуктивный потенциал холодолюбивых видов. В результате средняя биомасса зоопланктона в озере к середине июня достигает 2–3, а в отдельные годы – 5–7 г/м³. Июньский максимум самый большой в течение всего года. Он располагается на границе весны и лета. После него наступает резкое, до 2–7 раз, падение биомассы планктёров, которое совпадает с прогревом воды и практически полным исчезновением холодолюбивой фауны из планктонного сообщества. В этот же период начинается постепенное развитие теплолюбивых видов зоопланктона. Оно заканчивается августовским максимумом биомассы планктонных беспозвоночных. Обычно он совпадает с пиком количества *Diaphanosoma chankensis*. Его значения составляют несколько выше 1 г/м³ при средней численности рачка около 15 тыс. экз./м³, а наибольшие – до 2 г/м³. Наиболее интересен сентябрьский максимум зоопланктона. Он по своему положению и составу похож на июньский пик развития зоопланктона, так как тоже расположен на границе сезонов, только лета и осени. Основу его составляют обычно *Daphnia longispina*, *Bosmina fatalis* и, вместо эпишуры, циклопы – *Diacyclops bicuspidatus* и *Mesocyclops leuckarti*. Во время него биомасса планктонных животных может достигать значений более 1,5 г/м³.

В течение летнего периода в сообществе планктонных животных отмечаются практически все виды, обнаруженные нами в бассейне оз. Ханка, за исключением нескольких холодолюбивых. Доминируют в водоёме все 6 массовых представителей зоопланктона, упоминавшихся ранее. Также многочисленны *Moina chankensis*, *Hexarthra mira*, *Keratella valga*, *Euchlanis dilatata*, *Conochiloides dossuarius*. В прибрежье и заливах летом часто встречаются *Boeckella orientalis*, *Thermocyclops asiaticus*, *Th. crassus*, *Leptodora kindtii*,

Disparalona rostrata, *Diaphanosoma dubium*, *Trichocerca capucina*, *T. rattus*, *T. tenuior*, *Pompholyx sulcata*, *Keratella cochlearis*, *Brachionus angularis*, *B. diversicornis*.

При снижении температуры воды, с наступлением осеннего периода, количество планктонных животных в её толще постепенно уменьшается, происходит замена теплолюбивых видов холодолюбивыми. Начинается переход многих зоопланктёров в состояние диапаузы. Общее количество видов снижается уже к октябрю до 20–25 при средней биомассе около $0,7 \text{ г/м}^3$. В тёплые годы это значение выше на $0,1\text{--}0,2 \text{ г/м}^3$, а в холодные – ниже на $0,3\text{--}0,4 \text{ г/м}^3$. Температура воды осенью в октябре в последние три сезона (1998–2000 гг.) на $2\text{--}3 \text{ }^\circ\text{C}$ и более превышала среднее значение данного показателя для этого периода, благодаря чему количество видов в планктонном сообществе было выше в несколько раз и достигало 54–83 таксона.

Наиболее многочисленны осенью *Epischura chankensis*, *Boeckella orientalis*, *Diacyclops bicuspidatus*, *Mesocyclops leuckarti*, *Daphnia longispina*, *Bosmina fatalis*, а в прибрежье – *Cyclops vicinus*. Остальные виды планктонных животных чаще всего малочисленны. К концу осени видовой состав сообщества зоопланктона ещё больше сокращается и к зиме остаётся 1–2 доминирующих вида (*E. chankensis* и в прибрежье *Cyclops vicinus*), а также 3–5, встречающихся в малых количествах.

Распределение планктонных беспозвоночных по оз. Ханка в течение года испытывает сильные изменения (рис. 5, 6). Зимой оно довольно равномерно, за исключением южных прибрежных участков, где плотность зоопланктона несколько выше. В южных заливах, Рыбачьем и Девичанском, наоборот, количество животных ниже, что связано с неблагоприятным кислородным режимом в них и более низкими температурами. На распределение планктонных беспозвоночных в это время оказывают влияние в большей степени местные течения, а их обилие зависит от содержания органического вещества в данной зоне и кислородного режима.

После распаления льда концентрация зоопланктёров в озере довольно равномерна, потому что происходит бурное перемешивание сильными ветрами всей водной массы. Однако с дальнейшим прогревом вод, ближе к лету, происходит разделение водоёма на зоны с различной плотностью планктонных беспозвоночных, чему способствует более постоянное направление ветров, которое не разбивает скопления организмов. В это время наименьшие концентрации зоопланктона отмечаются в центре озера. Количество их в южном и восточном прибрежье, включая южные заливы, в 2–5 раз выше, чем в центральной зоне, а на отдельных участках – в 5–10 раз (Барабанщиков, 1997б). Несколько меньше планктонных животных в западном прибрежье. Там их концентрация обычно в 2–3 раза выше, чем в открытой части озера. Пополнение сообщества зоопланктона центральной зоны Ханки происходит за счёт постоянного выноса животных из южного прибрежья и заливов, что отмечено как в наших исследованиях, так и в других, проводившихся ранее (Булдовский, 1934; Каневец, Розов; 1934; Боруцкий, 1952; Барабанщиков, Кожевников, 1998).

На распределение планктонных беспозвоночных в безлёдный период оказывают большое влияние течения, образующиеся под воздействием ветров (Васьковский, 1978; Барабанщиков, 1997б), и стоковые течения из рек, впадающих в озеро, особенно после прохождения обильных дождей. Влияние постоянной и резкой смены направления сильных ветров и паводкового стока в водоёме порой довольно значительно отражается на картине распределения зоопланктона, что наблюдалось, например, в 2000 г., когда в центральную часть Ханки из прибрежья выносилось много различных организмов, где отмечались зоны с повышенной их плотностью.

Осенью происходит такое же явление, как и весной, когда концентрация планктонных животных благодаря ветровому воздействию практически одинакова по всему озеру, за исключением заливов, где количество животных ниже из-за более раннего выхолаживания воды.

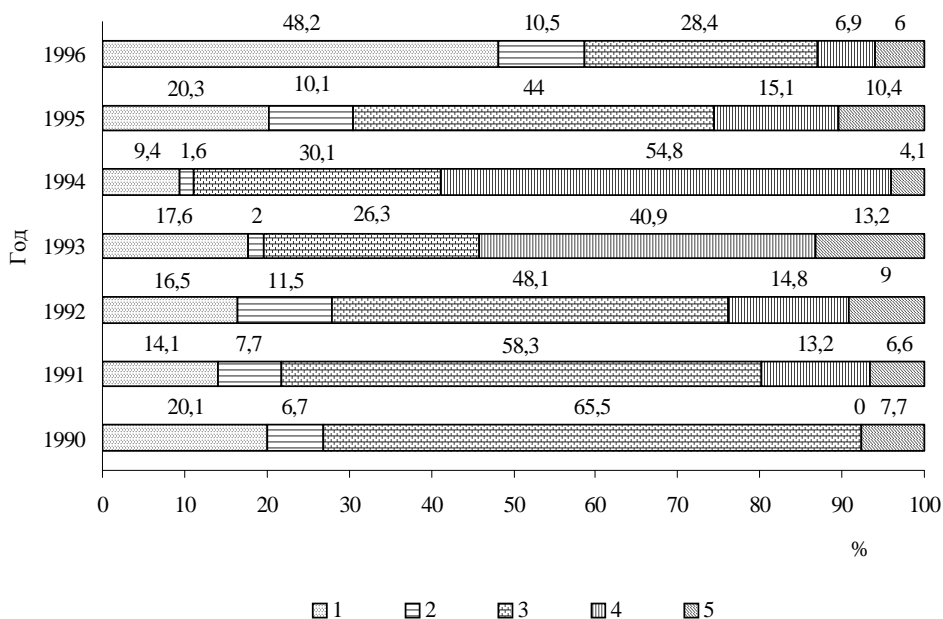


Рис. 8. Межгодовые изменения доли отдельных представителей среди массовых видов зоопланктона по продукции в период с июня по октябрь. Оз. Ханка. 1 – *Epischura chankensis*, 2 – *Calanus*, 3 – *Diaphanosoma chankensis*, 4 – *Daphnia longispina*, 5 – *Bosmina fatalis*

При расчётах продукции зоопланктона оз. Ханка исследователями в более ранних работах использовались малочисленные либо локальные данные (Булдовский, 1934; Боруцкий, 1952; Крыхтин, 1961; Марковцев, 1979а, б; Кучер, 1995). Они не могли отражать полной картины происходящих продукционных процессов в сообществе планктонных животных.

За период с 1990 по 1996 г. основная роль среди доминирующих видов зоопланктона в формировании биомассы с июня по октябрь принадлежала эпишуре (рис. 7). Вместе с циклопами в течение всех лет на их долю приходилось 45–60% от данного показателя, только в 1994 и в 1996 гг. она несколько отличалась (28,4 и 83,2% соответственно). Остальную часть значения биомассы составляли ветвистоусые рачки, более всего *D. chankensis*, а также в 1993–1994 гг. – *D. longispina*. Однако *Cladocera* принадлежала основная доля продукции массовых видов зоопланктона (70–90%), за исключением 1996 г. (рис. 8).

Расчитанные нами значения годовой соматической продукции доминирующих видов зоопланктона в период с 1993 по 1995 г. составляли 23,8–39,3 г/м³, что при объёме озера 18,3 млрд м³ достигало 400–700 тыс. т (Барабанщиков, 2001). Следует учитывать, что в эти годы количество планктонных животных находилось на высоком уровне (см. рис. 3), поэтому средние показатели могут быть в пределах 200–400 тыс. т.

Таким образом, исследования сообщества зоопланктона оз. Ханка показали динамичность системы как в течение года, так и в межгодовом аспекте. Основными факторами, оказывающими влияние на распределение, а также качественные и количественные характеристики видов планктонных беспозвоночных в водоёме, являются гидрологические условия каждого конкретного года, включая температурный фон, ветровые и стоковые течения, количество и силу паводков и др., и антропогенное воздействие.

Литература

- Алексеев В.Р. Диапауза ракообразных. Эколого-физиологические аспекты. М.: Наука, 1990. 144 с.
- Барабанщиков Е.И. Межгодовая и сезонная изменчивость биомассы массовых видов зоопланктона оз. Ханка // Биология и рациональное использование гидробионтов, их роль в экосистемах: Тез. докл. конф. молодых ученых ТИНРО. Владивосток: ТИНРО, 1993. С. 48–49.
- Барабанщиков Е.И. Сезонная динамика *Epischura chankensis* (Calanoida) оз. Ханка // Биоресурсы морских и пресноводных экосистем: Тез. докл. конф. молодых ученых ТИНРО. Владивосток: ТИНРО, 1995. С. 8–9.
- Барабанщиков Е.И. Сезонная динамика численности и биомассы *Boeckella orientalis* (Calanoida) озера Ханка // Биомониторинг и рациональное использование гидробионтов: Тез. докл. конф. молодых ученых ТИНРО. Владивосток: ТИНРО, 1997а. С. 88–89.
- Барабанщиков Е.И. Сезонное распределение биомассы зоопланктона озера Ханка // Биомониторинг и рациональное использование гидробионтов: Тез. докл. конф. молодых ученых ТИНРО. Владивосток: ТИНРО, 1997б. С. 89–90.
- Барабанщиков Е.И. Сезонные изменения качественного состава зоопланктона эстуарной зоны реки Раздольной // Изв. ТИНРО. 1998. Т. 123. С. 356–361.
- Барабанщиков Е.И., Кожевников Б.П. Динамика численности и биомассы зоопланктона открытой части оз. Ханка // Изв. ТИНРО. 1998. Т. 123. С. 362–374.
- Барабанщиков Е.И. Качественный состав зоопланктона озера Ханка // Геохимические и эколого-биогеохимические исследования в Приамурье. Владивосток: Дальнаука, 2000а. Вып. 10, С. 130–139.
- Барабанщиков Е.И. Состав и сезонные изменения сообщества зоопланктона озера Ханка // Тез. докл. III региональной конф. по актуальным проблемам экологии, морской биологии и биотехнологии студентов, аспирантов и молодых ученых Дальнего Востока России. Владивосток: Изд-во ДВГУ, 2000б (в печати).
- Барабанщиков Е.И. Значение продукции зоопланктона в рыбохозяйственном освоении оз. Ханка // Совещание «Проблемы охраны и рационального использования биологических ресурсов водоемов Узбекистана», 2001 (в печати).
- Боруцкий Е.В. Сестон бассейна Амура и его роль в питании амурских рыб // Тр. Амурской ихтиол. экспедиции 1945–1949 гг. М.: Изд-во МОИП, 1952. Т. 3. С. 141–228.
- Булдовский А.Т. К вопросу о продуктивности дна и воды озера Ханка и отчасти его бассейна // Вестн. ДВФ АН СССР. 1934. № 10. С. 53–73.
- Васьковский М.Г. Гидрологический режим оз. Ханка. Л.: Гидрометеоздат, 1978. 175 с.
- Каневец Д.Н., Розов В.Е.. Озеро Ханка как рыбохозяйственная единица // Рыб. хоз-во Дальнего Востока. 1934. № 1–2. С. 71–78.
- Кожевников Б.П., Барабанщиков Е.И. Состав и сезонная динамика численности и биомассы зоопланктона в пелагиали оз. Ханка // Проблемы сохранения водно-болотных угодий международного значения: озеро Ханка: Тр. международ. науч.-практ. конф., Спасск-Дальний, заповедник «Ханкайский». 1995. С. 78–79.
- Крыхтин Л.М. Разумно хозяйствовать на Ханке // Рыб. пром-сть Дальнего Востока. 1961. Вып. 12. С. 16–21.
- Кучер А.И. Влияние антропогенных воздействий на биологическую продуктивность озера Ханка // Проблемы сохранения водно-болотных угодий международного значения: Тр. международ. науч.-практ. конф., Спасск-Дальний, заповедник «Ханкайский». 1995. С. 103–108.
- Марковцев В.Г. Питание и пищевые отношения рыб подсемейства Cultrinae в южной части озера Ханка: Автореф. дис. ... канд. биол. наук, Владивосток, 1979а. 23 с.
- Марковцев В.Г. Причины низкой рыбопродуктивности озера Ханка и пути её увеличения // Рыб. хоз-во. 1979б. Вып. 1. С. 17–18.
- Рылов В.М.. Научные результаты дальневосточной гидрофаунистической экспедиции Зоологического музея в 1927 г. 4. Пресноводные Eucorperoda Уссурийского края (Crustacea) // Тр. ЗИН АН СССР. 1933 (1932). Т. 1, вып. 2. С. 243–280.
- Ueno M. Plankton of the four large lakes of Manchoukuo // Report of the limn. survey of Kwantung and Manchoukuo. 1940. P. 552–568.