

Состав и функционирование зимних зоопланктонных сообществ Новосибирского водохранилища

Н. И. ЕРМОЛАЕВА

*Институт водных и экологических проблем СО РАН
630090 Новосибирск, Морской просп., 2*

АННОТАЦИЯ

В статье изложены результаты изучения зоопланктонных сообществ Новосибирского водохранилища в зимний период 1991–1992 гг. Исследованы видовой состав зоопланктона, динамика его численности и биомассы и экологические характеристики массовых видов. Зима не является периодом полной депрессии, это определенный этап развития зоопланктона.

Общая численность зоопланктона достигает в январе–феврале 35 000 экз./м³, а биомасса – 1047 мг/м³. Зимние сообщества состоят из двух группировок: специфических зимних видов и зимних генераций круглогодичных форм, морфологически и экологически отличающихся от летних. Основную часть видов зимнего зоопланктона составляют коловратки.

Подробные исследования зоопланктонных сообществ Новосибирского водохранилища в зимний период проведены впервые. По данным Д. П. Померанцевой за 1971 и 1972 гг. [1], подледный зоопланктон имеет крайне бедный видовой состав и малую биомассу. Однако эти исследования проводились весной (март–апрель), когда зимние виды и генерации зоопланктеров переходят в состояние диапаузы или уже выпадают из состава зоопланктонного сообщества, главным образом, в связи с уменьшением содержания кислорода в воде.

В действительности в зимнее время численность и биомасса зоопланктона в водохранилищах ниже, чем летом, однако могут достигать значительных величин. Численность коловраток и веслоногих рачков в период максимального развития (февраль) может достигать летних показателей, иногда даже превышая их.

Зимнее зоопланктонное сообщество, так же как и летнее, содержит все трофические звенья: тонких фильтраторов – потребителей бактерий (мелкие Rotatoria), потребителей детрита и фитопланктона (крупные Rotatoria и ветвистоусые) и хищников (Cyclops и Asplanchna).

Средние за зимний период количественные показатели развития зоопланктона значительно колеблются по годам. Зимой 1991–1992 гг. под влиянием раннего замерзания водоема и короткого периода льдообразования сформировались благоприятные условия для зимних зоопланктонных сообществ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для настоящей работы послужили сборы зоопланктона на Новосибирском водохранилище зимой 1991–1992 гг. Наблюдения начаты до образования льда и продолжались с середины ноября до конца апреля.

Ежедекадные наблюдения проводились в устье Бердского залива, которое отличалось наибольшими показателями биомассы зоопланктона.

В период открытой воды отбор проб с поверхностного горизонта производили фильтрованием 50 л воды через сеть Апштейна, с более глубоких горизонтов – 10-литровым батометром, также фильтрацией через сеть. Подлед-

ный лов зоопланктона проводили методом облавливания столба воды сетью Джеди (с диаметром входного отверстия 20 см). Все сети изготовлены из капронового сита № 64.

Собранный материал фиксировали 4 % (v/v) раствором формалина. Зимой в пробы добавлялся фиксатор (до 20 % от объема пробы), состоящий из 90 % (v/v) спирта и раствора сахара (1 : 1), который предотвращает деформацию раковины и высыпание эмбрионов, а также препятствует промерзанию проб при транспортировке [2, 3].

Пробы обрабатывали счетно-весовым методом в камере Богорова [4] с учетом рекомендаций О. М. Кожовой и Н. Г. Мельник [5]. Пробы просматривали тотально.

При расчете численности и биомассы зоопланктона руководствовались методическими рекомендациями работы [6]. Индивидуальную массу ракообразных и коловраток определяли по длине тела с использованием уравнения зависимости между этими показателями [7]. Для коловраток использовали значения q , предложенные Ruttner-Kolisko [8]. Для 5 видов отдельно определена масса в летний и зимний периоды.

Всего собрано и обработано 68 количественных проб зоопланктона.

Одновременно со сбором зоопланктона определяли необходимые параметры среды (температуру, содержание кислорода и углекислого газа, биогенных элементов, количество водорослей).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В зимний период увеличивается потребность в воде для целей гидроэнергетики, приток же резко уменьшается, поэтому сработка водохранилища происходит более интенсивно. Особенно значительно понижается уровень к концу зимы: на участке от плотины до с. Спирино – 4,5–5,0 м, на верхнем участке в районе с. Соколово – до 3,5 м, а у г. Камень-на-Оби – до 3,0 м.

Первые ледовые образования в осенний период наблюдаются на верхнем участке. Скорость понижения температуры воды неравномерна. Первоначальное охлаждение происхо-

дит в условиях прямой стратификации, затем – при гомотермии, которая продолжается до тех пор, пока температура воды в водохранилище не станет близкой к 4 °С. При дальнейшем охлаждении возникает обратная стратификация. После покрытия водоема льдом температура воды по всей глубине близка к нулю и вновь устанавливается гомотермия. Затем в результате отдачи тепла грунтом начинается прогрев, температура придонных слоев воды повышается. В декабре температура поверхности воды близка к нулю, а у дна – от 1,5 до 3,0 °С. Повышение температуры продолжается до конца февраля, а затем, по мере истощения теплозапасов ложа, происходит ее понижение до 1–2 °С. Обратная стратификация сохраняется до конца мая.

Зимой отсутствие аэрации и возрастание роли грунтового питания вызывают падение насыщения кислородом (в среднем 48–64 %). Средняя величина насыщения чаще всего не превышает 40–50 %. Наиболее напряженный кислородный режим создается в конце зимы в районе с. Ордынское – 3,1–4,6 мг O₂/л (21–31 %).

Содержание углекислого газа в воде водохранилища максимальных значений достигает зимой (до 15,4 – 24,2 мг/л).

Содержание биогенных веществ в воде носит явно выраженный сезонный характер. Максимальный уровень их содержания (нитратов до 0,6, нитритов до 0,06, аммонийного азота до 0,94, фосфатов до 0,057 мг/л) отмечается в зимнее время в Бердском заливе. Стимулирующее влияние биогенов антропогенной природы (сбросы предприятий Бердска и Искитима) способствует развитию фитопланктона, особенно на правобережном участке устья залива, ниже г. Бердска.

Состояние фитопланктона в зимний период на данный момент изучено слабо. В составе зимнего фитопланктона, по данным Г. Д. Левадной, обнаружено 58 видов и внутривидовых форм водорослей (съемки октября–апреля 1990–1991 и 1991–1992 гг.). Отмечено большое разнообразие хлорококковых (35 таксонов) и диатомовых (11 таксонов) водорослей, ежегодно в составе зимнего фитопланктонного сообщест-

ва встречаются вольвоксовые (2 вида), улотриковые (1), эвгленовые (4), синезеленые (2), динофитовые (1), золотистые (2), однако в течение зимы видовое разнообразие снижается. В количественном отношении фитопланктон наиболее развит с конца ноября (6,7 млн кл./л, 4,9 мг/л) до конца декабря (2–4 млн кл./л), резко снижаясь с начала января (0,28 млн кл./л, 0,28 мг/л) к началу апреля (0,02 млн кл./л, 0,02 мг/л).

Для зимнего зоопланктона Новосибирского водохранилища, как и для летнего, характерно увеличение численности и биомассы по направлению от верховьев к плотине. Основу численности и биомассы по данным за декабрь 1991 – январь 1992 гг. составляют Copepoda и Rotatoria (табл. 1).

Большинство видов летнего зоопланктона исчезает задолго до замерзания водоема. В первую половину зимы встречаются ослабленные особи *Bosmina longirostris* (O.F.Muller), *Bosmina coregoni* (Baird), *Brachyonus angularis* (Gosse), *Brachyonus calyciflorus* (Ehrb.). Всю зиму (до февраля) в пробах встречаются, питаются, но не размножаются Chydoridae: *Chydorus sphaericus* (O.F.Muller), *Alona rectangula* (Sars), *Alona quadrangularis* (O.F.Muller), *Leydigia leydigii* (Leydig). В придонных пробах постоянно присутствуют диапаузирующие копеподиты и взрослые не размножающиеся особи *Mesocyclops leuckarti* (Claus), *Mesocyclops oithonoides* (Sars), *Eucyclops macrurus* (Sars), *Acanthocyclops viridis* (Jurine), *A. gigas* (Claus), *Paracyclops fimbriatus* (Fisch.). Среди зимних Cladocera преимущественное развитие имели *Daphnia longispina* (O.F.Muller) и *Bosmina longirostris*, составляющие до 96 % биомассы ветвистоусых рачков.

Основную часть видов зимнего зоопланктона составляют коловратки, они наиболее многочисленны среди мирной части сообщества (табл.2). Коловратки *Keratella quadrata* (O.F.Muller), *Keratella cochlearis* (Gosse), *Notholca acuminata* (Ehrb.), *Polyarthra major* (Burckh.), *Filinia longiseta* (Ehrb.) образуют придонные и поверхностные скопления, тогда как ветвистоусые рачки в начале зимы образуют наибольшую концентрацию в придонных слоях, где регистрируется максимальное количество органической взвеси, гетеротрофных водорослей, бактерий и повышенная температура воды. А в феврале–апреле с понижением содержания кислорода в придонных слоях происходит перемещение придонных скоплений фильтраторов в поверхностные слои.

Веслоногие рачки в зимнем биоценозе образуют такие же придонные, а затем подледные скопления, как Cladocera и Rotatoria. *Cyclops strenuus* (Fisch.) является активным хищником, размножающимся в зимний период. Он практически не испытывает конкурентного давления со стороны немногочисленных диапаузирующих копеподитов других видов Cyclops, составляя до 90 % численности всех веслоногих рачков. Основными субдоминантами являются зимняя генерация *Diaptomus graciloides* (Lill.) и *Acanthocyclops gigas*.

Зимние сообщества зоопланктона состоят из двух группировок: специфических зимних видов и зимних генераций круглогодичных форм, которые и морфологически, и экологически отличаются от летних. Ниже приводятся характеристики массовых видов, составляющих основу зимнего зоопланктона.

Т а б л и ц а 1
Численность (N, экз./м³) и биомасса (B, мг/м³) зоопланктона
Новосибирского водохранилища в подледный период (январь 1992 г.)

Точки отбора	Copepoda		Cladocera		Rotatoria		ВСЕГО	
	N	B	N	B	N	B	N	B
Камень-на-Оби	23	0,59	–	–	37	0,04	60	0,63
Спирино – Чингисы	27	0,74	–	–	41	0,07	68	0,81
Ордынское – Н.Каменка	64	2,06	20	0,62	28	0,04	112	2,72
Береговое-Быстровка	42	1,32	20	1,40	25	0,06	87	2,78
Ленинское – Сосновка	3200	33,17	500	17,19	–	–	3700	51,07
Верхний бьеф	14 000	341,60	–	–	–	–	14 000	341,60

Т а б л и ц а 2

Численность и биомасса зоопланктона Бердского залива Новосибирского водохранилища в подледный период (1991–1992 гг.)

Месяц, год	Таксон	Численность, экз./м ³					Биомасса, мг/м ³				
		с. Таль-менка	Речку-новка	Пляж Академ-городка	Верхний бьеф ГЭС (шлюз)	Нижний бьеф ГЭС (пункт рыб-надзора)	с. Таль-менка	Речку-новка	Пляж Академ-городка	Верхний бьеф ГЭС (шлюз)	Нижний бьеф ГЭС (пункт рыб-надзора)
Октябрь 1991 г.	Copepoda	1600	8000	16 000	8900	15000	36,7	377,0	469,0	301,5	272,3
	Cladocera	12 000	12 000	46 000	12 600	3140	500,4	308,0	4437,0	742,0	2453,5
	Rotatoria	2600	–	–	–	–	12,16	–	–	–	–
	Всего	16 200	20 000	62 000	21 500	18 140	549,3	685	4906	1043,5	2725,8
Ноябрь 1991 г.	Copepoda	–	16 000	27 000	11 000	9600	–	435,5	988,6	382,5	272,0
	Cladocera	–	8000	1000	1000	–	–	216,0	27,6	32,0	–
	Rotatoria	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Всего	–	24 000	28 000	12 000	9600	–	651,5	1016,2	414,5	272,0
Декабрь 1991 г.	Copepoda	–	13 700	36 720	19 300	11 000	–	946,6	6280	283,8	411,0
	Cladocera	–	–	–	–	80	–	–	–	–	9,2
	Rotatoria	–	100	–	3000	20	–	0,09	–	0,8	0,01
	Всего	–	13 800	36 720	22 300	11 100	–	946,69	6280	284,6	420,21
Январь 1992 г.	Copepoda	–	34 160	16 200	14 000	–	–	988,6	590,5	341,6	–
	Cladocera	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Rotatoria	–	1000	1000	–	–	–	0,8	0,7	–	–
	Всего	–	35160	17 200	14 000	–	–	989,4	591,2	341,6	–
Февраль 1992 г.	Copepoda	–	9700	4800	5000	–	–	851,0	163,6	49,0	–
	Cladocera	–	2000	20	100	–	–	196,0	2,0	6,5	–
	Rotatoria	–	1000	–	5000	–	–	0,3	–	1,3	–
	Всего	–	12 700	4820	10 100	–	–	1047,3	165,6	56,8	–
Март 1992 г.	Copepoda	–	16 000	17 000	320	–	–	377,5	384,0	4,7	–
	Cladocera	–	2000	–	–	–	–	142,0	–	–	–
	Rotatoria	–	–	–	20	–	–	–	–	0,005	–
	Всего	–	18 000	17 000	340	–	–	519,5	384,0	4,7	–
Апрель 1992 г.	Copepoda	–	850	1000	–	–	–	28,1	33,5	–	–
	Cladocera	–	500	–	–	–	–	49,0	–	–	–
	Rotatoria	–	–	–	20	–	–	–	–	0,04	–
	Всего	–	1350	1000	20	–	–	77,1	33,5	0,04	–

Отряд ROTATORIA

Asplanchna priodonta является типичным представителем зимнего зоопланктона для многих озер и водохранилищ Средней полосы [9]. В Новосибирском водохранилище это массовая зимующая форма, численность достигает 1,3 тыс. экз./м³, биомасса – 11,4 мг/м³. Особи зимней генерации очень мелкие (массой 0,004–0,005 мг) по сравнению с летней генерацией (до 0,0265 мг).

Keratella quadrata и *Keratella cochlearis* – специфические зимние формы с вытянутой фасеткой и более тонкими и короткими задними шипами (рис. 1.). У большинства особей *K. cochlearis* задний шип загнут к брюшной стороне, и поэтому сбоку коловратка выглядит серповидно изогнутой. После замерзания водоема в первые месяцы встречается типичная форма *K. cochlearis*, которая позднее (конец декабря – начало января) почти полностью вытесняется зимней. Индивидуальная масса зимних особей значительно ниже, чем летних:

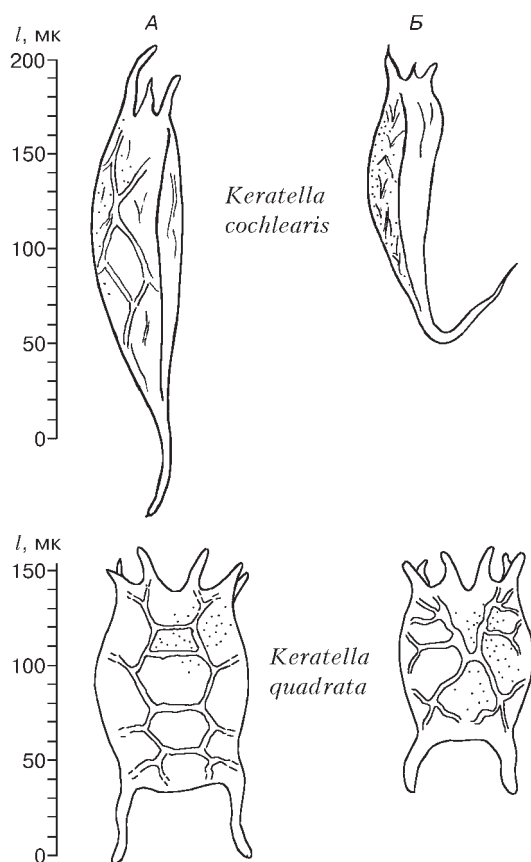


Рис. 1.

K. quadrata соответственно 0,00081 мг и 0,00053 мг; *K. cochlearis* – 0,00025 и 0,00017 мг.

Notholca acuminata – единственный вид этого рода в Новосибирском водохранилище. Большинство коловраток этого рода относятся к обитателям холодных олиготрофных озер Северной Европы и оз. Байкал [10] и являются типичными представителями зимнего зоопланктона в Братском [11–13] и Усть-Илимском водохранилищах [14]. Вид редкий и встречается в пробах единично в декабре – феврале в приплотинной зоне.

Filinia maior и *Filinia longiseta* – в зимнем планктоне единичные экземпляры, морфологически сходные с летними формами. Чаще встречаются в декабре – начале января. Отмечены яйценозные особи.

Отряд CLADOCERA

Daphnia longispina имеют закругленную голову и короткий брюшной шип. Размер половозрелой особи составляет в среднем 0,8–1,2 мм, а биомасса – 0,045 мг (у летних генераций до 0,25 мг), индекс головы (l тела/ h головы) колеблется от 4,7 до 5,2 у зимних генераций, а у летних в среднем 2,0.

Bosmina longirostris – типично зимняя форма с коротким мукро и укороченными антеннами. Половозрелые яйценозные особи имеют размер 0,40–0,45 мм, биомасса особи в среднем составляет 0,002 мг (у летних генераций до 0,01 мг).

Daphnia longispina и *Bosmina longirostris* – это эвритермные виды. Основной пик численности наблюдается летом, а второй пик, обусловленный размножением зимних генераций в благоприятных условиях, приходится на конец января – февраль.

Отряд COPEPODA

Cyclops strenuus активно размножается в водохранилище только в подледный период. Встречается в пробах в массе в виде науплиев и копеподитов всех возрастов и половозрелых самцов и самок с яйцевыми мешками. Плодовитость очень высокая и достигает 120 яиц.

Cyclops vicinus встречается в зимних пробах единично, чаще в виде половозрелых осо-

бей. Морфологически малоизменчивая форма. Размножение интенсифицируется только в марте–апреле перед вскрытием водоема.

Mesocyclops leuckarti в пробах встречается постоянно в виде диапаузирующих копеподитов III–IV стадий, питается, но не размножается. Диапауза кончается лишь после прогревания воды до 12 °С (май).

Проследить появление первых особей зимних видов затруднительно в связи с ненадежностью первого льда.

После образования льда из покоящихся яиц вылупляются только зимние виды коловраток. Количество остальных коловраток возрастает вследствие увеличения интенсивности размножения особей, оставшихся от периода чистой воды. Интенсивное размножение *Rotatoria* начинается в декабре–январе, и к началу февраля обычно отмечается короткий период их наиболее высокой численности (см. табл. 2).

Пик численности коловраток фактически совпадает с пиком численности другой группы тонких фильтраторов – ветвистоусых рачков.

По-видимому, резкое снижение численности и биомассы фитопланктона в январе–феврале объясняется его активным выеданием, и к весне вода фактически во всех слоях чрезвычайно бедна водорослями (рис. 2).

Наиболее высокие вспьшки численности коловраток, как и ветвистоусых рачков, образуются обычно за счет массового размножения 1–2 видов.

Кривая зимней динамики *Copepoda* также имеет один максимум, который приходится на конец периода ледостава (март–апрель).

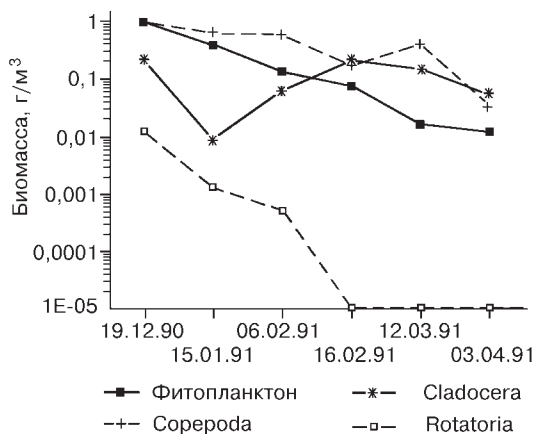


Рис. 2.

Между фильтраторами (коловратками и ветвистоусыми) и копеподами наблюдается отрицательное взаимодействие. При высокой плотности циклопов (до 30 тыс. экз./м³) их воздействие на зоопланктон очень велико, и в период активизации они выедают всех мирных ракообразных, так что к марту–апрелю остаются практически в виде чистой культуры.

Кроме того, в результате длительного эмбриогенеза ветвистоусых в зимнем водоеме и выедания циклопами молоди кладоцер нарушается размерная структура последних. В результате доминируют крупные старые особи, а количество новорожденных не превышает в январе–феврале 2–3 % популяции.

В апреле к моменту вскрытия водохранилища происходит смена зимних видов и генераций зоопланктонного сообщества на летние. Зимние формы уже прекращают свое существование или переходят в состояние диапаузы или латентных яиц, а развитие летних форм еще сдерживается низкими температурами и отсутствием кормовой базы. Поэтому в этот период пробы чаще всего пустые, либо с единичными экземплярами науплиев и копеподитов *Cyclops*.

В подледный период в Новосибирском водохранилище формируется устойчивая слоистость водной толщи, обусловленная отсутствием ветроволнового перемешивания и обогреванием нижних слоев воды ложем водоема, кроме того, вертикальное распределение зоопланктона связано с численностью бактерий и водорослей в разных слоях воды и с кислородным режимом. В ноябре–декабре основная масса зоопланктона, представленная коловратками, ювенильными стадиями циклопов и единичными экземплярами эвритермных форм ветвистоусых рачков сосредоточена в придонном слое. В январе начинают образовываться подледные скопления коловраток, а в придонном скоплении доминируют копеподиты *Cyclops strenuus* и *Mesocyclops leuckarti*. С середины февраля до марта поверхностное скопление коловраток уплотняется и в связи с понижением концентрации кислорода происходит передвижение придонного скопления циклопов вверх. В марте–апреле отмечается практически чистая культура циклопов разных возрастных стадий, концентрирующаяся в верхнем 0–2 м

горизонте, а нижележащие слои воды фактически лишены зоопланктона.

Таким образом, полученные данные показывают, что в Новосибирском водохранилище зима не является периодом полной депрессии зоопланктонных сообществ. В зимних условиях наблюдается активное развитие отдельных видов коловраток, веслоногих и ветвистоусых рачков. Причем выявленные взаимоотношения между различными группами зоопланктона, сезонная динамика численности и биомассы зимнего зоопланктона Новосибирского водохранилища согласуются с данными, полученными для зимнего зоопланктона водохранилищ волжского каскада и озер европейской части России [3, 9, 15].

ЛИТЕРАТУРА

1. Д. П. Померанцева, Водоемы Сибири и перспективы их рыбохозяйственного использования, Томск, 1973, 166–167.
2. E. Pterpas, *Limnology and Oceanography*, 1978, 23, 557–559.
3. И. К. Ривьер, Современные проблемы изучения ветвистоусых ракообразных, СПб, Гидрометеиздат, 1992, 65–80.
4. И. А. Киселев, Планктон морей и континентальных водоемов, т. 1, Л., Наука, Ленингр. отд-ние, 1969.
5. О. М. Кожова, Н. Г. Мельник, Инструкция по обработке проб планктона счетным методом, Иркутск, 1978.
6. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция, Л., Мин-во рыб. хоз-ва РСФСР, ГосНИОРХ, Зоол. ин-т АН СССР, 1982.
7. Е. В. Балушкина, Г. Г. Винберг, Общие основы изучения водных экосистем, Л., 1979, 169–172.
8. A. Ruttner-Kolisko, *Norw. J. Zool.*, 1976, 24, 419–456.
9. И. К. Ривьер, Состав и экология зимних зоопланктонных сообществ, Л., Наука, Ленингр. отд-ние, 1986.
10. М. М. Кожов, Биология озера Байкал, М., Изд-во АН СССР, 1962.
11. Е. Л. Шульга, Формирование зоопланктона Братского водохранилища. Автореф. дис. ... канд. биол. наук, Иркутск, 1973.
12. Н. И. Башарова, Продуктивность планктонных ракообразных Братского водохранилища. Автореф. дис. ... канд. биол. наук, Владивосток, 1977.
13. Г. Н. Спиглазова, Планктон Братского водохранилища, Новосибирск, Наука, Сиб. отд-ние, 1981, 93–113.
14. М. П. Бакина, Проблемы экологии Прибайкалья, Тез. докл. III Всесоюз. научн. конф., 5–10 сентября, Иркутск, 1988, 7.
15. И. К. Ривьер, Н. А. Жгарев, Биология, систематика и функциональная морфология пресноводных животных, Л., Наука, Ленингр. отд-ние, 184–199.

Composition and Functioning of Winter Zooplankton Communities of the Novosibirsk Reservoir

N. I. YERMOLAEVA

Results of studies of zooplankton communities of the Novosibirsk reservoir in winter 1991–1992 are presented. The species composition of zooplankton, the time course of its abundance and biomass and ecological characteristics of mass species have been investigated. Winter is not the period of complete depression, but a certain stage of zooplankton development.

The total abundance of zooplankton amounts in January-February to 35 000 sp/m³, and the biomass to 1047 mg/m³. Winter communities consist of two groups: specific winter species and winter generations of all-year-round forms which differ from the summer ones morphologically and ecologically. The bulk of winter zooplankton species is made up by rotifers.

