

ЗООПЛАНКТОН И ЗООБЕНТОС ВОРОНЕЖСКИХ ПРУДОВ¹

© 2002 А.В. Сеницкий, Е.В. Захаров, Ю.Л. Герасимов²

Исследован зоопланктон и зообентос прудов на ул. Воронежской. Приведен список встреченных видов планктофауны. По видовому разнообразию в зоопланктоне преобладали коловратки. Хищный зоопланктон преобладал над мирным по биомассе, но уступал по численности. Зообентос преимущественно был представлен моллюсками, олигохетами и личинками хирономид. Приведены значения численности и биомассы зоопланктона и зообентоса, значения среднего индивидуального веса зоопланктера. На основании полученных результатов сделан вывод о высоком трофическом статусе водоемов.

Введение

Малые водоемы, расположенные на урбанизированной территории, испытывают значительный антропогенный пресс, обусловленный как промышленным и хозяйственно-бытовым загрязнением, так и высокой рекреационной нагрузкой на водоемы. Все виды хозяйственной деятельности, связанные с изменением естественной структуры водосборных территорий, а также с гидротехническими преобразованиями водоемов наряду с многочисленными формами антропогенного загрязнения, приводят к изменениям водных экосистем, среди которых наиболее опасными последствиями являются гиперэвтрофирование и токсическое отравление водоемов.

Поскольку антропогенное загрязнение носит многофакторный характер, для оценки эффекта его воздействия на водные экосистемы необходимо наряду с физико-химическими и экотоксикологическими исследованиями проводить наблюдения за состоянием основных сообществ гидробионтов, в частности зоопланктона и зообентоса [1].

В то же время сообщества городских водоемов в целом по России изучены на сегодняшний день довольно слабо. Имеются немногочисленные научные публикации, в которых приводятся результаты исследований зоопланктонных сообществ озер г. Казани [2, 3, 4], планкто- и бентофауны прудов г. Саратова [4, 5]. Авторы отмечают изменения сообществ гидробионтов, характерные прежде всего для эвтрофированных и загрязненных токсичными веществами водоемов. Особое внимание уделяется возможности использования видов-индикаторов для мониторинга водных объектов.

¹ Представлена доктором биологических наук профессором Н.М. Матвеевым.

² Сеницкий Андрей Викторович, Захаров Евгений Валерьевич, Герасимов Юрий Леонидович, кафедра зоологии, генетики и общей экологии Самарского государственного университета, 443011, Самара, ул. Акад. Павлова, 1.

В г. Самаре зоопланктон и зообентос городских водоемов оставались до настоящего момента практически неизученными. Имеются лишь данные по рачковому зоопланктону прудов Ботанического сада [6].

Воронежские пруды расположены в 7-м микрорайоне г. Самары, рядом с пересечением улиц Стара-Загора и Воронежская. В настоящее время они представляют собой три водоема, два из которых сообщаются между собой в период весеннего паводка. Глубина водоемов не превышает 2 м. Пруды являются памятником природы местного значения. Прилегающая к прудам парковая зона является излюбленным местом отдыха горожан. Вследствие этого, а также из-за непосредственной близости от проезжей части ул. Стара-Загоры, водоемы испытывают постоянную антропогенную нагрузку. Этим и было обусловлено выполнение настоящего исследования.

Материалы и методы

Материал был собран и обработан в период с апреля по ноябрь 2002 г. Отбор проб проводился по общепринятой методике [7, 8, 9]. На водоемах выбирали от 3 до 4 точек отбора (станций). При выборе станций исходили из необходимости охватить все разнообразие биотопов или, по крайней мере, их основные типы. Отбор проб зоопланктона проводили еженедельно, проб зообентоса — дважды в месяц.

Пробы зоопланктона отбирали при помощи сети Апштейна (средняя модель) [8] с газом № 64 путем тотальных обловов толщи воды от дна до поверхности. Отобранный материал на месте фиксировали 4% раствором формалина для последующей обработки. В целях более точного определения видовой принадлежности мелких беспанцирных коловраток часть проб не фиксировали и обрабатывали непосредственно после отбора.

Пробы зообентоса отбирали вблизи берега гидробиологическим скребком, промывали через сачок из газа № 30. После отбора пробы разбирали и фиксировали живых 4% раствором формалина.

Обработку проб проводили счетно-весовым методом [7, 9]. Для определения видовой принадлежности гидробионтов использовали пособия и определители: "Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР" [10], "Ветвистоусые рачки (*Cladocera*) фауны СССР" [11], "Коловратки фауны СССР" [12], "Определитель *Calanoida* пресных вод СССР" [13], "Определитель свободноживущих пресноводных веслоногих раков СССР и сопредельных стран по фрагментам в кишечниках рыб" [14], "Определитель личинок комаров *Tendipedidae*" [15]. Индивидуальные веса организмов зоопланктона рассчитывались по степенным уравнениям, связывающим длину организмов с их массой [16].

Результаты и обсуждение

В составе планктофауны Воронежских прудов нами за период исследований было выявлено 33 вида гидробионтов. Зоопланктон был представлен тремя основными таксономическими группами: коловратками (16 видов), ветвистоусыми (9 видов) и веслоногими (6 видов) ракообразными (табл. 1).

Преобладающее большинство обнаруженных видов являются представителями литоральной ассоциации [17]. К ним относятся *Bosmina longirostris*, *Chydorus sphaericus*, *Daphnia longispina*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Moina rectirostris*,

Таблица 1

Состав планктофауны Воронежских прудов

Вид	Пруд № 1	Пруд № 2	Пруд № 3
<i>Rotatoria</i>			
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse	+	+	+
<i>Bipalpus hudsoni</i> (Imhof)	+	+	—
<i>Brachionus angularis</i> Gosse	+	+	+
<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas	+	+	+
<i>Brachionus quadritentatus</i> Herm.	—	—	+
<i>Brachionus rubens</i> Ehr.	+	+	+
<i>Epiphanes senta</i> (Müller)	+	—	—
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehr.	+	+	+
<i>Filinia longiseta</i> (Ehr.)	+	—	+
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse)	+	—	+
<i>Keratella quadrata</i> (Müller)	+	+	+
<i>Lecane luna</i> (Müller)	+	+	—
<i>Platyas quadricornis</i> (Ehr.)	—	+	—
<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idels.	+	+	+
<i>Synchaeta pectinata</i> Ehr.	+	+	+
<i>Synchaeta stylata</i> Wierz.	—	—	+
<i>Copepoda</i>			
<i>Acanthocyclops vernalis</i> (Fisch.)	+	—	—
<i>Cyclops kolensis</i> Lilljeborg	+	—	—
<i>Cyclops strenuus</i> Fisch.	—	+	+
<i>Eucyclops serrulatus</i> (Fisch.)	+	—	—
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus)	+	+	+
<i>Microcyclops varicans</i> (Sars)	—	+	+
<i>Cladocera</i>			
<i>Bosmina longirostris</i> Müller	+	+	+
<i>Ceriodaphnia megops</i> Sars	+	—	+
<i>Chydorus sphaericus</i> (Müller)	—	+	+
<i>Daphnia longispina</i> Müller	—	+	+
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> (Liev.)	+	—	—
<i>Moina brachiata</i> Jur.	+	+	—
<i>Moina macrocopa</i> (Straus)	+	—	—
<i>Pleuroxus aduncus</i> (Jur.)	+	—	—
<i>Simocephalus vetulus</i> (Müller)	+	—	—

Примечание: + присутствие вида; — отсутствие вида.

а также абсолютное большинство коловраток. Значительно менее разнообразно представлены прибрежно-зарослевые виды — *Simocephalus vetulus*, *Ceriodaphnia megops*, *Pleuroxus aduncus*. К представителям планктонно-бентического комплекса относится только *Eucyclops serrulatus*. Подобная картина, согласно данным М.Л. Пидгайко [17], характерна прежде всего для водоемов с озерно-прудовым или прудовым типом гидрологического режима. Относительно меньшее разнообра-

зие фитофильных видов в пруду №3 можно объяснить слабым развитием водных макрофитов. В пруду №2 макрофиты развиты хорошо, однако в нем число прибрежно-зарослевых видов также относительно невелико. Почти все встреченные виды можно отнести к группе эвритопных, обладающих широким географическим распространением и высокой экологической толерантностью. Именно такие виды будут иметь преимущество в среде, подверженной различного рода агрессивным воздействиям.

Соотношения средних за сезон численности и биомассы основных групп зоопланктона показаны в табл. 2. Согласно им, во всех обследованных нами прудах по численности и по биомассе доминировали веслоногие рачки. На втором месте по численности во всех прудах — коловратки. В то же время в прудах №1 и №3 по биомассе коловратки уступают ветвистоусым рачкам. Лишь в пруду №2 коловратки значительно преобладают над ветвистоусыми по биомассе.

Подобные соотношения численностей и биомасс основных таксономических групп (преобладание веслоногих и коловраток над ветвистоусыми) характерны прежде всего для водоемов, подверженных эвтрофикации. Наиболее сильно это проявляется в пруду №2, где коловратки преобладают над ветвистоусыми не только по численности, но и по биомассе. Подобное соотношение, кроме того, может являться следствием присутствия токсикантов в воде пруда №2. Веслоногие ракообразные и коловратки имеют относительно большую толерантность как к токсичным веществам, так и ко многим другим факторам среды.

Таблица 2

**Основные структурные показатели сообществ зоопланктона
Воронежских прудов**

Показатель	Пруд №1	Пруд №2	Пруд №3
$N_{Cоп}:N_{Rot}:N_{Clad}$	55:28:17	59:37:4	55:36:9
$B_{Cоп}:B_{Rot}:B_{Clad}$	55:22:23	68:25:7	60:13:27
$N_3:N_2$	19:81	22:78	15:85
$B_3:B_2$	47:53	52:48	54:46
W_{cp}	0,010	0,007	0,012

Примечание: $N_{Cоп}:N_{Rot}:N_{Clad}$ — соотношение численности веслоногих ракообразных, численности коловраток и численности ветвистоусых ракообразных; $B_{Cоп}:B_{Rot}:B_{Clad}$ — соотношение биомассы указанных групп; $N_3:N_2$ и $B_3:B_2$ — соотношение численности и биомассы хищников и фильтраторов соответственно; W_{cp} — средний индивидуальный вес зоопланктона, мг.

К хищной фракции зоопланктона относятся коловратки *Asplanchna priodonta*, *Vipalus hudsoni*, а также старшие копеподитные стадии и взрослые рачки подотряда Cyclopidae. Соотношения численности и биомассы хищного и мирного зоопланктона, представленные в табл. 2, также говорят о повышенной трофности прудов. Высокое отношение по биомассе и низкое отношение по численности характерно лишь в том случае, когда среди фильтраторов преобладают мелкогабаритные особи, в сумме образующие относительно высокую численность, но обладающие относительно низкой биомассой. Средние индивидуальные веса зоопланктона (табл. 2), рассчитанные по методу Н.М. Крючковой [18], являются одними из наиболее информативных структурных показателей сообществ зоопланктона. Низкие значения весов говорят о преобладании в зоопланктоне Воронежских прудов

мелкоразмерной фракции. Согласно данным В.А. Андроникиной [19], полученные нами значения средних весов соответствуют диапазону значений, характерному для высокоэвтрофных водоемов.

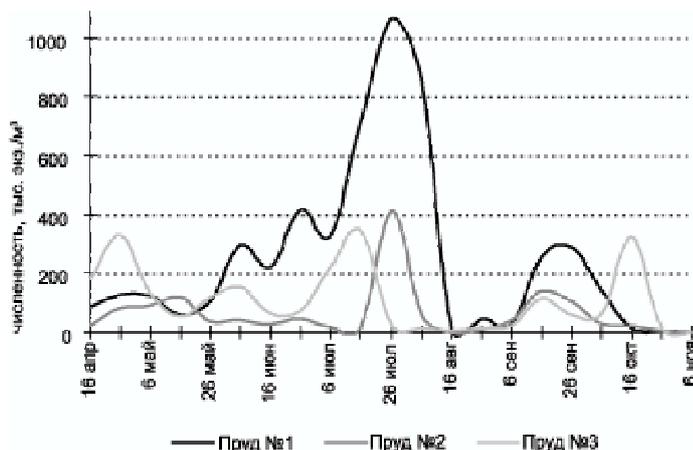


Рис. 1. Динамика численности зоопланктона

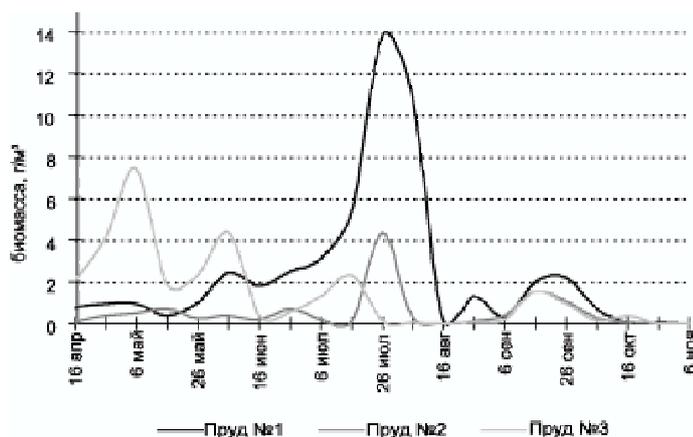


Рис. 2. Динамика биомассы зоопланктона

Как видно из рис. 1 и 2, в начале сезона исследований (середина апреля — начало мая) наблюдался рост численности и биомассы зоопланктона. Особенно высоки были в этот период значения в пруду №3, достигавшие 331 тыс. экз./м³ по численности и 7,4 г/м³ по биомассе. Увеличение показателей в этот период обусловлено массовым развитием *Cyclops strenuus*, максимумы численности приходятся на науплиальные и младшие копепоидитные стадии. В середине мая и начале июня во всех водоемах происходил спад численности и биомассы. В пробах в этот период времени присутствовали преимущественно коловратки: *Euchlanis dilatata*, *Keratella quadrata*, *Synchaeta pectinata*, почти все найденные представители рода *Brachionus* и др. Последующий подъем численности и сезонный ее пик в пруду №1 также в значительной мере обусловлен массовым развитием коловраток.

Численность *Asplanchna priodonta* достигала в это время 191 тыс. экз./м³, численность *Keratella quadrata* — 89 тыс. экз./м³. Сезонные пики численности и биомассы зоопланктона в Воронежских прудах приходились на начало и середину июля. В прудах № 2 и № 3 они были обусловлены массовым развитием *Mesocyclops leuckarti*, в пруду № 1, кроме вышеупомянутых коловраток, велика была численность *Bosmina longirostris*, достигавшая 224 тыс. экз./м³. Период с начала августа до начала сентября характерен резким спадом численности и биомассы во всех прудах. Это может быть обусловлено массовым цветением токсичных синезеленых водорослей, так называемая летняя депрессия численности и биомассы зоопланктона. В то же время в пруду № 1 в этот период наблюдался рост численности двух видов — *Pleuroxus aduncus* и *Eucyclops serrulatus*.

В бентосе Воронежских прудов встречены как первичноводные организмы (моллюски, кольчатые черви), так и вторичноводные (личинки хирономид и других гетеротопных насекомых). Среди первичноводных животных наиболее широко распространены брюхоногие моллюски (преобладал *Viviparus viviparus*, встречались *Lymnaea stagnalis*, *Betinia tentaculata*) и олигохеты, а среди гетеротопных насекомых — личинки хирономид. Наиболее часто встречался *Chironomus plumosus*, в некоторых пробах преобладал *Glyptotendipes polytomus*. Поденки, веснянки и стрекозы, являющиеся индикаторами хорошего экологического состояния, за весь сезон исследований встречены только единичными особями.

Хотя Воронежские пруды сравнимы по своей площади и сходны по морфометрии и гидрологическому режиму, биомасса, а также количественные показатели донного населения значительно различаются. Кроме того, соотношение различных групп в составе бентоса различно (табл. 3 и 4).

Таблица 3

Средняя численность основных групп бентоса Воронежских прудов, экз./м²

Группа	Пруд № 1	Пруд № 2	Пруд № 3
Олигохеты	5814	3820	110
Хирономиды	608	270	1345
Моллюски	65	53	10
Прочие группы	ед.	ед.	ед.

Примечание: ед. — единичные находки.

Таблица 4

Средняя биомасса основных групп бентоса Воронежских прудов, г/м²

Группа	Пруд № 1	Пруд № 2	Пруд № 3
Олигохеты	10,27	5,57	0,17
Хирономиды	2,32	3,25	11,51
Моллюски	17,46	11,99	3,04
Прочие группы	—	—	—

Примечание: — данные отсутствуют.

В начале сезона исследований отмечалось наибольшее видовое разнообразие зообентоса. Пики численности и биомассы приходились также на это время. Однако такие эврибионтные организмы, как хирономиды и олигохеты, способные переносить

сильный дефицит кислорода, имели низкую численность и биомассу даже во время сезонного пика численности. Ежегодное летнее понижение биомассы бентофауны связано с окукливанием и вылетом хирономид, на которых приходится значительная часть биомассы, и является естественным процессом в стоячих пресных водоемах нашей климатической зоны. Характерно, что на время сезонного снижения численности в июле – августе наблюдается резкое снижение биомассы хирономид. На некоторое время личинки комаров исчезают полностью. Осенняя генерация хирономид происходила гораздо слабее весенней.

В каждом водоеме нами было выделено два основных биотопа – фитофильный и пелофильный. Соотношения биомассы и численности хирономид, олигохет и моллюсков на разных биотопах сильно отличаются. На рис. 3 и 4 видно, что

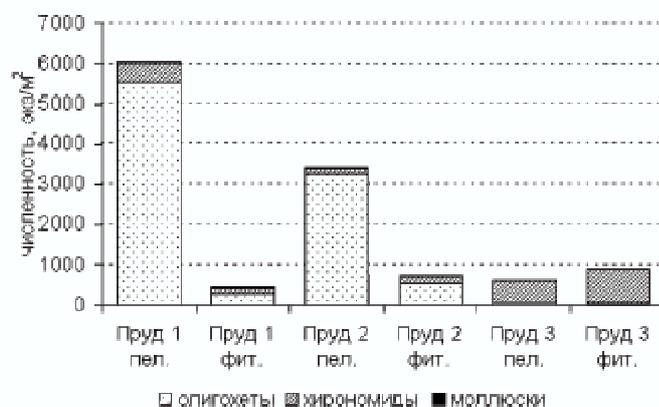


Рис. 3. Средняя за сезон численность зообентоса Воронежских прудов

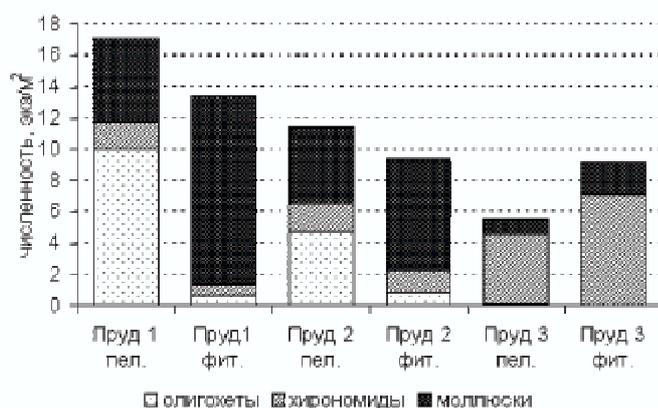


Рис. 4. Средняя за сезон биомасса зообентоса Воронежских прудов

биомасса и численность моллюсков, а также их доля в составе бентоса выше на фитофильных биотопах. Олигохеты, напротив, имеют большую биомассу и численность на илистых биотопах, при этом отношение олигохет к остальным группам

зообентоса также выше на илах. Следует отметить, что среди зарослей осенняя генерация выражена значительно хуже, чем на илистых грунтах.

В иловой зоне, не имеющей высшей водной растительности, присутствует грубый растительный детрит. Илистая фракция грунта прибрежной илистой зоны невелика, основную часть составляют отмершие части макрофитов, ряски, листья, опавшие с находящихся вблизи деревьев. В фитофильной зоне доля грубого детрита еще больше. В центральной части водоемов образовались мощные отложения черного ила. В пруду № 1 его толщина составляет более 2 м. В таких местах на дне нет четкого разграничения между толщей воды и твердым грунтом, бентофауна здесь отсутствует. Ближе к берегам грунт плотнее. Преобладающая часть бентосных организмов обитает, как правило, на глубинах менее 1 м. В озерах интенсивно протекают анаэробные процессы. Грунт имеет резкий запах сероводорода даже вблизи берега. Это создает крайне неблагоприятные условия для существования донных организмов. В зарослевых биотопах запах сероводорода острее, возможно, это и объясняет более низкую численность и биомассу бентоса, чем на пелофильных биотопах. Кроме того, дно водоемов сильно загрязнено строительными отходами, щебнем, в грунте много бытового мусора.

Заключение

Таким образом, в ходе настоящего исследования получены данные о видовом составе, численности и биомассе зоопланктона и зообентоса Воронежских прудов. Почти все встреченные виды можно отнести к группе эвритопных, обладающих широким географическим распространением и высокой экологической толерантностью. По видовому разнообразию в зоопланктоне преобладали коловратки. Хищный зоопланктон преобладал над мирным по биомассе, но уступал по численности. Зообентос был представлен моллюсками, олигохетами и личинками хиромид. Основные структурные показатели сообществ зоопланктона и зообентоса говорят о протекающих в прудах процессах антропогенного загрязнения и эвтрофикации.

Литература

- [1] Мингазова Я.М., Деревенская О.Ю. Влияние сточных вод ТЭЦ на состояние озерной экосистемы (на примере оз. Средний Кабан г. Казани) // Экологотоксикологическая характеристика г. Казани и пригородной зоны. Казань: Изд-во КГУ, 1991. С. 97–126.
- [2] Деревенская О.Ю. Изменение зоопланктона малых пресноводных озер при применении оздоровительных мероприятий // VII съезд ВГБО: Тез. докл. Т. 2. Казань, 1996. С. 13–15.
- [3] Деревенская О.Ю., Мингазова Н.М. Сообщества зоопланктона озер при их загрязнении и восстановлении // Гидробиол. журн. 1998. Т. 34. № 4. С. 50–55.
- [4] Каширская Е.В., Белова И.В., Ермохин М.В. и др. Состав фауны прудов Саратовского городского парка культуры и отдыха им. М. Горького (к определению качества воды по биологическим показателям). Саратов, 1995. 40 с. Деп. в ВИНТИ № 515-В95.
- [5] Каширская Е.В., Орлов А.А. О состоянии экосистем прудов Саратовского городского парка культуры и отдыха им. Горького // Проблемы биологического

- разнообразия водных организмов Поволжья: Материалы конференции, посвященной 85-летию со дня рождения Н.А. Дзюбана. Тольятти, 1997. С. 150–157.
- [6] Герасимов Ю.Л., Ефимов Е.В. Планктонные ракообразные прудов ботанического сада г. Самары // Экологическая безопасность городов: проблемы решения на муниципальном уровне: Материалы Всерос. научно-практ. конф. 16–19 мая 2000 г. Самара, 2000. С. 60–61.
- [7] Жадин В.И. Методы гидробиологического исследования. М.: Высшая школа, 1960. 189 с. С. 157–159.
- [8] Киселев И.А. Планктон морей и континентальных вод. Т.1. Л.: Наука, 1969.
- [9] Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Под ред. В.А. Абакумова. СПб.: Гидрометеиздат, 1992.
- [10] Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 486 с.
- [11] Мануйлова Е.Ф. Ветвистоусые рачки (Cladocera) фауны СССР. Л.: Наука, 1964. 327 с.
- [12] Кутикова Л.А. Коловратки фауны СССР. Л.: Наука, 1970. 704 с.
- [13] Боруцкий Е.В. Определитель Calanoida пресных вод СССР. Л.: Наука, 1991.
- [14] Боруцкий Е.В. Определитель свободноживущих пресноводных веслоногих раков СССР и сопредельных стран по фрагментам в кишечниках рыб. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 218 с.
- [15] Черновский А.А. Краткий определитель личинок комаров семейства Tendredidae. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1949. 185 с.
- [16] Балашкина Е.Б., Винберг Г.Г. Зависимость между массой и длиной тела у планктонных животных // Экспериментальные исследования биологических основ продуцирования озер. Л., 1978. С. 58–72.
- [17] Пидгайко М.Л. Зоопланктон водоемов европейской части СССР. М.: Наука, 1984. 206 с.
- [18] Крючкова Н.М. Структура сообществ зоопланктона в водоемах разного трофического типа // Продукционно-гидробиологические исследования водных экосистем. Л., 1987. С. 184–198.
- [19] Андронникова И.Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. СПб.: Наука, 1996. 182 с.

ZOOPLANCTON AND ZOOBENTHOS OF VORONEZHSKIE PONDS³

© 2002 A.V. Sinitsky, E.V. Zakharov, Y.L. Gerasimov⁴

Zooplankton and zoobenthos of Voronezhskie ponds (Samara city) are investigated. The list of met zooplanktonic species is quoted. It is found out that rotifera prevail in species diversity. Predatory zooplankton prevails over filtering species by biomass, but yield in the number. Zoobenthos is mainly represented by mollusca, oligochaeta and chironomid larvae. Average ratios of biomass and number are quoted. Obtained results imply the conclusion of ponds eutrophication.

Поступила в редакцию 2/XII/2002;
в окончательном варианте — 24/XII/2002.

³ Communicated by Dr. Sci. (Biology) Prof. N.M. Matveyev.

⁴ Sinitsky Andrey Viktorovich, Zakharov Evgeny Valerievich, Gerasimov Yuri Leonidovich, Dept. of Zoology, Genetics and General Ecology, Samara State University, Samara, 443011, Russia.