

УДК 574.5 (591.524.12 : 602.64) (285.2)

О. В. Пашкова

**ПЕЛАГИЧЕСКИЙ ЗООПЛАНКТОН ШАЦКИХ ОЗЕР
КАК ИНДИКАТОР ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ**

При исследовании пелагического зоопланктона Шацких озер установлено, что он характеризуется большим разнообразием, количественным обилием и сбалансированной структурой, различающимися в водоемах разного лимнологического типа и уровня трофии. По результатам биоиндикации сделан вывод о благополучии самих сообществ и удовлетворительном состоянии экосистем всех озер.

Ключевые слова: пелагический зоопланктон, Шацкие озера, состав, развитие, структура, биоиндикация, экологическое благополучие, состояние экосистем.

Шацкий озерный комплекс представляет собой уникальную систему соединенных между собой естественных водоемов, расположенных на территории Шацкого национального природного парка, созданного в 1983 г. в северо-западном регионе Украины. Начиная с 80-х годов прошлого столетия исследователи начали регистрировать различные изменения в абиотических и биотических компонентах озерных экосистем, обусловленные значительным усилением антропогенного влияния, в первую очередь евтрофирования. Это было связано с увеличением масштабов сельскохозяйственных работ на площади водосбора озер, усилением промышленно-коммунального загрязнения, возрастанием рекреационной нагрузки [27]. Ранее при гидробиологических исследованиях этих озер ученые редко уделяли внимание такому компоненту биоты, как зоопланктон [19, 28], и хотя в последнее время число посвященных ему публикаций заметно возросло, многие из них невелики и содержат ограниченный объем информации [4, 6, 12, 13, 26].

Целью нашей работы было детально исследовать пелагический зоопланктон ряда озер Шацкого комплекса и, используя его в качестве инструмента биологической индикации, то есть основываясь на его качественных и количественных характеристиках, дать оценку экологического состояния экосистем этих водных объектов.

Материал и методика исследований. Материалом для настоящей работы послужили количественные сборы зоопланктона, проведенные в откры-

© Пашкова О. В., 2012

той зоне озер в летние сезоны 2000—2001 гг. Пробы отбирали с борта лодки путем процеживания поверхностной воды через качественную планктонную сеть Апштейна, после чего фиксировали 40%-ным раствором формальдегида. Далее их обрабатывали в лаборатории под бинокляром в камере Богорова счетно-весовым методом.

Результаты исследований и их обсуждение

Согласно литературным данным, Шацкие озера, исходя из их лимнологического типа и уровня трофии, определяемого по гидрологическим, гидрохимическим и гидробиологическим показателям, были разделены на три группы: мезотрофные, мезо-евтрофные и евтрофные водоемы [11, 15, 27]. При этом следует особо подчеркнуть, что, хотя и считается, что степень антропогенного загрязнения озер из года в год возрастает, на самом деле качество их вод за десять лет по сути не изменилось (табл. 1).

Первую группу образовали озера Свитязь и Песочное — глубокие (7,2—7,7 м) водоемы со средней и большой площадью водного зеркала (200—2500 га), испытывающие сравнительно слабую антропогенную нагрузку. Им свойственны высокая прозрачность (5,0 м), низкие минерализация и содержание биогенных соединений, небольшие численность бактериопланктона (4,02 млн. кл/мл) и биомасса фитопланктона (0,13 мг/дм³). Поэтому, исходя из гидрохимических показателей и согласно известной методике [22], воды этих озер являются «чистыми» — «достаточно чистыми», или 2—3 категорий качества.

В состав второй группы вошли мелкие и средней глубины (1,2—4,5 м) озера разной площади (35—1500 га) — Малое Черное, Пулемецкое и Перемут — со средним по величине антропогенным влиянием и также средними соответствующими показателями (3,0 м, 7,38 млн. кл/мл, 0,55 мг/дм³), то есть с водами 3—4 категорий — «достаточно чистыми» — «слабо загрязненными».

И, наконец, третья группа — это находящиеся в условиях сильного антропогенного загрязнения мелкие (1,7—3,6 м) малой и средней площади (80—450 га) озера (Люцимер, Большое Черное и Островянское), характеризующиеся низкой прозрачностью (0,7 м), повышенными минерализацией и содержанием биогенных элементов, большими численностью бактериопланктона (13,76 млн. кл/мл) и биомассой фитопланктона (1,47 мг/дм³). Поэтому их воды можно считать «слабо загрязненными» — «умеренно загрязненными» — 4—5 категорий качества.

Основными предпосылками для формирования и функционирования в водоеме определенных биотических сообществ являются его лимнологический тип (в первую очередь ландшафтно-географическое положение и морфометрия) и уровень трофии [18]. Исходя из этого, наша работа состояла в первоначальном описании пелагического зоопланктона Шацкого озера в целом и последующем сравнении между собой сообществ, обитающих в разных группах озер, для чего качественные и количественные характеристики зоопланктона для каждой группы были усреднены.

Согласно нашим материалам, пелагический зоопланктон озерного комплекса в целом в период наблюдений отличался большим разнообразием, в первую очередь таксономическим. В его составе было обнаружено 36 видов коловраток (Rotatoria), 23 вида ветвистоусых (Cladocera) и 16 видов веслоногих (Copepoda) ракообразных, а кроме того, ракушковые ракообразные (Ostracoda) и личинки некоторых двустворчатых моллюсков, в частности велигеры дрейссен — всего 77 видов (в том числе и таксонов другого ранга) водных животных. Главную роль в таксономическом спектре (соотношении основных таксономических групп по количеству видов) сообщества в целом играли коловратки, составляя 48%. Ветвистоусых и веслоногих было соответственно 30 и 22%. При этом качественная таксономическая структура в озерах разного уровня трофии была достаточно сходной (табл. 2).

В составе Rotatoria были отмечены гидробионты из 12 семейств и 15 родов, среди которых больше всего видов насчитывалось в семействах Brachionidae (7 видов), Lecanidae (6), Synchaetidae (5), Trichocercidae (4) и Euchlanidae (4 вида). Cladocera относились к 5 семействам и 16 родам, среди которых самым большим количеством видов были представлены Chydoridae (11) и Daphniidae (4 вида), а в составе Copepoda были выявлены представители 3 семейств и 9 родов, самым богатым из которых было семейство Cyclopoidea (10 видов). Количество таксонов в разных группах озер также было сходным (табл. 3).

1. Качество вод по некоторым усредненным гидрохимическим показателям в Шацких озерах разного уровня трофии в разные периоды (расчет по данным [11, 27])

| Озера | PO ₄ ³⁻ , мг P/лм ³ | | NH ₄ ⁺ , мг N/лм ³ | | NO ₂ ⁻ , мг N/лм ³ | | Номер и название категории | |
|----------------|--|---------------|---|---------------|---|---------------|----------------------------|--|
| | 1992 г. | 2000—2001 гг. | 1992 г. | 2000—2001 гг. | 1992 г. | 2000—2001 гг. | 1992 г. | 2000—2001 гг. |
| Мезотрофные | 0,014 | 0,024 | 0,230 | 0,328 | 0,003 | 0,004 | 3 — достататочно чистые | 2—3 — чистые — достататочно чистые |
| Мезо-евтрофные | 0,062 | 0,038 | 0,730 | 0,403 | 0,004 | 0,014 | 4 — слабо загрязненные | 3—4 — достататочно чистые — слабо загрязненные |
| Евтрофные | 0,042 | 0,043 | 0,465 | 0,402 | 0,007 | 0,093 | 5 — умеренно загрязненные | 4—5 — слабо загрязненные — умеренно загрязненные |

2. Спектры биоразнообразия зоопланктона в Шацких озерах разного уровня трофии, %

| Спектры | Группы | Количество видов | | | | | |
|-----------------|------------------------|-------------------|-----------|----------------------|-----------|-----------------|-----------|
| | | мезотрофные озера | | мезо-евтрофные озера | | евтрофные озера | |
| | | общий состав | доминанты | общий состав | доминанты | общий состав | доминанты |
| Таксономический | Rotatoria | 45 | 25 | 51 | 12 | 47 | 12 |
| | Cladocera | 35 | 50 | 28 | 55 | 30 | 63 |
| | Copepoda | 20 | 25 | 21 | 33 | 23 | 25 |
| Экологический | Пелагическая | 53 | 75 | 58 | 67 | 50 | 75 |
| | Литорально-фитофильная | 29 | 25 | 22 | 22 | 29 | 25 |
| | Бентосно-фитофильная | 18 | 0 | 20 | 11 | 21 | 0 |
| Трофический | Мирные консументы | 78 | 75 | 78 | 55 | 75 | 63 |
| | Всеядные консументы | 10 | 17 | 12 | 12 | 10 | 25 |
| | Хищные консументы | 12 | 8 | 10 | 33 | 15 | 12 |

Видовое богатство зоопланктона озер достигало немалых величин, варьируя по разным водоемам в большом интервале. Максимальное количество видов (62) было зафиксировано в «самых грязных» евтрофных озерах, минимальное (40 видов) — в мезо-евтрофных. Среди первых самым богатым было оз. Островянское (39 видов), самым бедным среди вторых — Пулемецкое (20). Фаунистическое сходство (по индексу Жаккара) между общими видовыми составами зоопланктона в озерах разного типа было достаточно высоким — индекс был равен в среднем 60, а в разные годы — 46 и 49 (табл. 4).

Следует особо отметить нахождение в районе исследований ряда видов, которые тяготеют к солоноватым водам и водам с повышенной минерализацией и поэтому в пресных водоемах являются достаточно редкими. Это коловратка *Eiphanes senta* (Müller) (озера Люцимер, Островянское, Малое Черное, Свистязь), ветвистоусые *Alonopsis elongata* (Sars) (Песочное) и *Bythotrephes longimanus* Leydig (Свистязь), веслоногие *Heterocope appendiculata* G.O.Sars (Люцимер, Большое Черное, Островянское, Песочное) и *Paraergasilus rylovi* Markewitch (Островянское).

Зоопланктон озер характеризовался также экологическим и трофическим разнообразием. Кроме обычных для водной толщи глубоководной зоны пелагических организмов, занимающих в сообществе первое место (48% общего количества видов), в него входили представители еще двух эко-

3. Таксономический состав пелагического зоопланктона в Шацких озерах разного уровня трофии

| Семейства | Роды | | |
|-----------------|---|---|--|
| | мезотрофные озера | мезо-евтрофные озера | евтрофные озера |
| Rotatoria | | | |
| Notommatidae | <i>Cephalodella</i> | — | — |
| Trichocercidae | — | <i>Trichocerca (Diurella)</i> | <i>Trichocerca (Diurella)</i> |
| Synchaetidae | <i>Synchaeta, Polyarthra</i> | <i>Synchaeta, Polyarthra</i> | <i>Polyarthra</i> |
| Asplanchnidae | <i>Asplanchna</i> | <i>Asplanchna</i> | <i>Asplanchna</i> |
| Lecanidae | <i>Lecane (Monostyla)</i> | <i>Lecane (Monostyla)</i> | <i>Lecane (Monostyla)</i> |
| Epiphanidae | <i>Epiphanes</i> | <i>Epiphanes</i> | <i>Epiphanes</i> |
| Trichotriidae | <i>Trichotria</i> | — | <i>Trichotria</i> |
| Colurellidae | — | <i>Lepadella</i> | <i>Lepadella</i> |
| Euchlanidae | <i>Euchlanis</i> | <i>Euchlanis</i> | <i>Euchlanis</i> |
| Brachionidae | <i>Brachionus, Keratella, Kellicotia</i> | <i>Brachionus, Keratella, Kellicotia</i> | <i>Brachionus, Keratella, Kellicotia</i> |
| Testudinellidae | <i>Testudinella</i> | <i>Testudinella</i> | <i>Testudinella</i> |
| Filinae | <i>Filinia</i> | <i>Filinia</i> | <i>Filinia</i> |
| Cladocera | | | |
| Sididae | <i>Sida, Diaphanosoma</i> | <i>Diaphanosoma</i> | <i>Diaphanosoma</i> |
| Daphniidae | <i>Daphnia, Simocephalus, Ceriodaphnia</i> | <i>Daphnia, Ceriodaphnia</i> | <i>Daphnia, Ceriodaphnia</i> |
| Chydoridae | <i>Acroperus, Alonopsis, Chydorus, Rhynchotalona, Alona, Alonella</i> | <i>Chydorus, Rhynchotalona, Alona, Alonella</i> | <i>Acroperus, Monospilus, Chydorus, Rhynchotalona, Pleuroxus, Alona, Alonella</i> |
| Bosminidae | <i>Bosmina</i> | <i>Bosmina</i> | <i>Bosmina</i> |
| Polyphemidae | <i>Bythotrephes</i> | — | <i>Polyphemus</i> |
| Copepoda | | | |
| Eudiaptomidae | <i>Eudiaptomus</i> | <i>Eudiaptomus</i> | <i>Eudiaptomus</i> |
| Temoridae | <i>Heterocope</i> | — | <i>Heterocope</i> |
| Cyclopidae | <i>Eucyclops, Cyclops, Acanthocyclops, Mesocyclops, Thermocyclops</i> | <i>Cyclops, Mesocyclops, Thermocyclops</i> | <i>Eucyclops, Cyclops, Acanthocyclops, Diacyclops, Mesocyclops, Thermocyclops, Paraergasilus</i> |

4. Фаунистическое сходство (по индексу Жаккара) зоопланктона в Шацких озерах разного уровня трофии

| Озера | Общий видовой состав | | | | | | Доминирующие виды | | | | | |
|-------|----------------------|----|----|---------|----|----|-------------------|----|----|---------|-----|-----|
| | 2000 г. | | | 2001 г. | | | 2000 г. | | | 2001 г. | | |
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| 1 | — | 43 | 46 | — | 47 | 48 | — | 40 | 44 | — | 36 | 36 |
| 2 | 43 | — | 48 | 47 | — | 52 | 40 | — | 63 | 36 | — | 100 |
| 3 | 46 | 48 | — | 48 | 52 | — | 44 | 63 | — | 36 | 100 | — |

Примечание. Здесь и в табл. 7—9: 1 — мезотрофные, 2 — мезо-евтрофные, 3 — евтрофные озера.

логических групп — литорально-фитофильной, или прибрежной (32%) и бентосно-фитофильной, или придонной (20% видов). Среди прибрежных форм можно назвать *Trichocerca capucina* (Wierzejski et Zacharias), *Trichotria pocillum* (Müller), *Euchlanis dilatata* Ehrenberg, *Ceriodaphnia quadrangula* (O.F.Müller), *Acroperus harpae* (Baird), *Chydorus sphaericus* (O.F.Müller) и *Acanthocyclops viridis* (Jur.), среди придонных — *Testudinella patina* (Hermann), *Rhynchotalona falcata* (Sars), *Alona affinis* Leydig, *Alonella nana* (Baird) и *Eucyclops serrulatus* (Fisch.). Эти факультативные зоопланктонты присутствовали в пелагиали озер в связи с мелководностью многих из них и наличием зарослей высшей водной растительности: тростника обыкновенного, рогоза узколистного, камыша озерного, рдестов блестящего и пронзеннолистного, роголистника темно-зеленого, кубышки желтой [19].

В трофическом спектре зоопланктона были представлены все группы консументов, среди которых наибольшее значение имели мирные беспозвоночные, составляя 75% количества видов. Это были фактически все коловратки, почти все ветвистоусые и *Eudiaptomus gracilis* Sars из веслоногих. К группе всеядных (составляющих 10%) относились коловратки *Asplanchna priodonta* Gosse и *A. sieboldi* (Leydig), ветвистоусый *Polyphemus pediculus* (Linne) и веслоногие *H. appendiculata* и *E. serrulatus*. Хищные зоопланктонты (15%) были представлены ветвистоусым *B. longimanus* и остальными веслоногими. При этом качественная экологическая и особенно трофическая структура зоопланктона в разных группах озер были сходными.

В доминирующем комплексе видов пелагического зоопланктона всего озерного комплекса, куда были отнесены виды с частотой встречаемости по определенной группе водоемов от 50% и преобладающие по биомассе, ведущая роль, в отличие от всего сообщества, принадлежала ветвистоусым ракообразным, составляющим 50% количества видов, в то время как коловраток было намного меньше (18%). При этом наибольшая доля ветвистоусых (63%) было отмечена в евтрофных озерах, коловраток (25%) — в мезотрофных, а веслоногих (33%) — в мезо-евтрофных водоемах (табл. 5, см. табл. 2). Среди экологических групп в составе доминирующих видов ключевое положение занимали пелагические гидробионты, составляя 75% видов (то есть их было в 1,5 раза больше, чем в общем видовом составе). Меньше всего пелагионтов (67%) за счет большего количества придонных зоопланктонтов было в

мезо-евтрофных озерах. Трофическая структура группы доминантов была почти такой же, как и общего списка видов, то есть большинство (69%) составляли мирные консументы, меньше всего которых было в мезо-евтрофных озерах (55%), где зато было много хищников (33%). Как видим, в отличие от всего сообщества, качественная структура доминирующих комплексов видов в разных группах озер различалась достаточно явно.

Индексы видового сходства между доминирующими видами в озерах разного уровня трофии были достаточно большими, составляя в среднем 51, а в разные годы — 49 и 57. В то же время виды-эдификаторы (первая пара доминантов) были разными, совпадая только частично, будучи к тому же индикаторами вод с разной степенью антропогенного загрязнения (сапробности). В мезотрофных озерах это были *C. quadrangula*, *Bosmina longirostris* (O.F.Müller), *H. appendiculata*, *Mesocyclops leuckarti* Claus, в мезо-евтрофных — *A. sieboldi*, *B. longirostris*, *M. leuckarti*, в олиго-мезотрофных — *Ch. sphaericus*, *B. longirostris*, *Cyclops strenuus* Fisch. И только 6 из 16 видов доминирующего комплекса (*A. sieboldi*, *Daphnia cucullata* Sars, *C. quadrangula*, *Ch. sphaericus*, *B. longirostris*, *M. leuckarti*) были общими для всех озер.

Количественное развитие зоопланктона озер летом достигало достаточно высокого уровня (в среднем по озерному комплексу в разные годы 47,7 и 1188,1 тыс. экз/м³ и 0,576 и 9,238 г/м³) (что свидетельствует о его продуктивности), колеблясь по разным водоемам в широких пределах. Наибольшие величины общей численности и биомассы были зарегистрированы в евтрофных озерах, наименьшие — в «самых чистых» мезотрофных. Среди первых самым обильным по зоопланктону было оз. Большое Черное (2162,3 тыс. экз/м³ и 17,414 г/м³), самым бедным среди вторых — Свитязь (38,6 тыс. экз/м³ и 0,091 г/м³) (табл. 6).

Следовательно, в то время как качественные характеристики зоопланктона в озерах разного типа различались не слишком сильно, разница между количественными параметрами была очень существенной. Так, средние общие численность и биомасса в мезотрофных озерах были меньше, чем в мезо-евтрофных, в среднем в 21,0 и 35,0 раз и меньше, чем в евтрофных, в 26,5 и 51,0 раз соответственно. В мезо-евтрофных и евтрофных озерах концентрация зоопланктона была одного порядка (будучи немного больше в последних) — разница по первому показателю составляла в среднем 2,0 раза и 1,5 раза по второму (табл. 7, рис. 1).

Кроме того, серьезные различия имели место и в количественной структуре зоопланктона. Так, в первой и второй группе озер среди основных систематических групп по биомассе господствовали представители Copepoda, причем в мезотрофных озерах их преимущество было меньшим, чем в мезо-евтрофных — в первом случае они составляли 53—64% биомассы, во втором — 65—91%. В третьей группе озер постоянно лидировали Cladocera, составляя 54—68% (рис. 2). Отношение биомассы ветвистоусых, предпочитающих высокотрофные воды, к биомассе веслоногих было наибольшим в третьей группе, составляя целые числа, в то время как в первой и второй группах оно выражалось десятками и сотыми долями целого. Отношение же количества приуроченных к водам низкой трофии каляноид к циклопоидам

5. Биомасса доминирующих видов зоопланктона в Шацких озерах разного уровня трофии летом в разные годы, мг/м³

| Виды | Мезотрофные озера | | Мезо-евтрофные озера | | Евтрофные озера | |
|---|-------------------|---------|----------------------|---------|-----------------|---------|
| | 2000 г. | 2001 г. | 2000 г. | 2001 г. | 2000 г. | 2001 г. |
| <i>Asplanchna sieboldi</i> (Leydig) | — | 0,5 | 40,0 | 1230,0 | 99,4 | 580,0 |
| <i>Keratella cochlearis</i> (Gosse) | — | 0,5 | — | — | — | — |
| <i>K. quadrata</i> (Müller) | — | 4,0 | — | — | — | — |
| <i>Diaphanosoma brachyurum</i> (Lievin) | 15,7 | — | — | — | — | — |
| <i>Daphnia cucullata</i> Sars | 6,4 | — | 15,6 | — | 96,0 | — |
| <i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (O.F. Müller) | 16,1 | — | — | 102,0 | — | 54,7 |
| <i>Acroperus harpae</i> (Baird) | — | 3,0 | — | — | — | — |
| <i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Müller) | 5,1 | 3,3 | 6,0 | 365,0 | 287,0 | 1016,7 |
| <i>Rhynchotalona falcata</i> (Sars) | — | — | 0,2 | — | — | — |
| <i>Bosmina longirostris</i> (O.F. Müller) | 4,3 | 33,8 | 0,2 | 985,0 | 141,0 | 5376,7 |
| <i>B. coregoni</i> Baird | — | — | — | — | 70,0 | — |
| <i>Eudiaptomus gracilis</i> Sars | 3,3 | 9,5 | — | — | — | — |
| <i>Heterocope appendiculata</i> G.O.Sars | — | 15,0 | — | — | — | — |
| <i>Cyclops strenuus</i> Fisch. | — | — | — | 515,0 | — | 1466,7 |
| <i>Mesocyclops leuckarti</i> Claus | 22,2 | 2,6 | 550,0 | 685,0 | 29,7 | 683,3 |
| <i>Thermocyclops crassus</i> (Fisch.) | — | — | 16,0 | — | — | — |

П р и м е ч а н и е. «—» — отсутствует среди доминантов.

было максимальным в первой группе озер. Аналогичные различия между сообществами в озерах с разным качеством вод описаны и множеством других исследователей [1, 8, 9, 18, 25, 30—32].

Нельзя не упомянуть о том, что видовое богатство зоопланктона и, особенно, его количественное обилие подвержены существенным колебаниям в межгодовом аспекте. Так, фаунистическое сходство было достаточно высоким по сообществу в целом и невысоким по доминирующим комплексам видов — соответствующие индексы Жаккара были равны 52 и 38, а средние по всему озерному комплексу общие численность и биомасса составляли в один год 47,7 тыс. экз/м³ и 0,576 г/м³, а во второй — 1188,1 тыс. экз/м³ и 9,238 г/м³, то есть различались между собой в десятки раз. Но, по нашему мнению, такая межгодовая динамика отнюдь не свидетельствует о неустой-

6. Количественное развитие пелагического зоопланктона Шацких озер летом в разные годы

| Таксоны | Свистязь | Песочное | Малое Черное | Пуле-мецкое | Пере-мут | Люци-мер | Большое Черное | Остро-вянское |
|-----------|----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 2000 г. | | | | | | | | |
| Rotatoria | $\frac{9}{0,002}$ | × | × | $\frac{6,6}{0,041}$ | × | $\frac{66,8}{0,270}$ | $\frac{6,6}{0,002}$ | $\frac{11,3}{0,039}$ |
| Cladocera | $\frac{2,5}{0,053}$ | × | × | $\frac{1,3}{0,026}$ | × | $\frac{84,3}{0,878}$ | $\frac{49,6}{0,576}$ | $\frac{10,8}{0,399}$ |
| Сорепода | $\frac{7,2}{0,067}$ | × | × | $\frac{25,3}{0,684}$ | × | $\frac{38,2}{0,305}$ | $\frac{12,0}{0,083}$ | $\frac{16,9}{0,184}$ |
| Другие | $\frac{0,1}{0,004}$ | × | × | $\frac{< 0,1}{0,001}$ | × | $\frac{0}{0}$ | $\frac{0}{0}$ | $\frac{0}{0}$ |
| Вместе | $\frac{19,4}{0,125}$ | × | × | $\frac{33,2}{0,752}$ | × | $\frac{189,3}{1,453}$ | $\frac{68,2}{0,661}$ | $\frac{39,0}{0,622}$ |
| 2001 г. | | | | | | | | |
| Rotatoria | $\frac{27,9}{0,011}$ | $\frac{1,8}{0,001}$ | $\frac{613,6}{2,761}$ | × | $\frac{23,9}{0,086}$ | $\frac{195,4}{1,836}$ | $\frac{762,1}{0,833}$ | $\frac{125,9}{0,115}$ |
| Cladocera | $\frac{0,1}{0,003}$ | $\frac{7,7}{0,081}$ | $\frac{192,0}{2,100}$ | × | $\frac{94,6}{0,943}$ | $\frac{633,7}{6,256}$ | $\frac{1032,8}{10,527}$ | $\frac{350,8}{3,628}$ |
| Сорепода | $\frac{10,6}{0,077}$ | $\frac{8,9}{0,090}$ | $\frac{1299,5}{9,267}$ | × | $\frac{78,4}{1,837}$ | $\frac{331,7}{5,109}$ | $\frac{367,4}{6,054}$ | $\frac{324,6}{3,152}$ |
| Другие | $\frac{0}{0}$ | $\frac{< 0,1}{0,001}$ | $\frac{0}{0}$ | × | $\frac{0}{0}$ | $\frac{0}{0}$ | $\frac{0}{0}$ | $\frac{0}{0}$ |
| Вместе | $\frac{38,6}{0,091}$ | $\frac{18,4}{0,173}$ | $\frac{2105,1}{0,173}$ | × | $\frac{196,9}{2,866}$ | $\frac{1160,8}{13,201}$ | $\frac{2132,3}{17,414}$ | $\frac{801,3}{6,895}$ |

Примечание. Над чертой — численность, тыс. экз/м³, под чертой — биомасса, г/м³; «×» — данные отсутствуют.

чивости, поскольку чередование подъемов и спадов развития является для пелагического зоопланктона естественным процессом, который отражает присущее ему состояние динамического равновесия [10, 17].

По индексам информационного разнообразия Шеннона в озерах разного уровня трофии, которые были средними и близкими по величине, никакой закономерности выявлено не было — в один год они были максимальными в «самых чистых» озерах, в другой — в «самых грязных» (табл. 8). Это лишний раз подтверждает мнение о недостаточной информативности этого показателя.

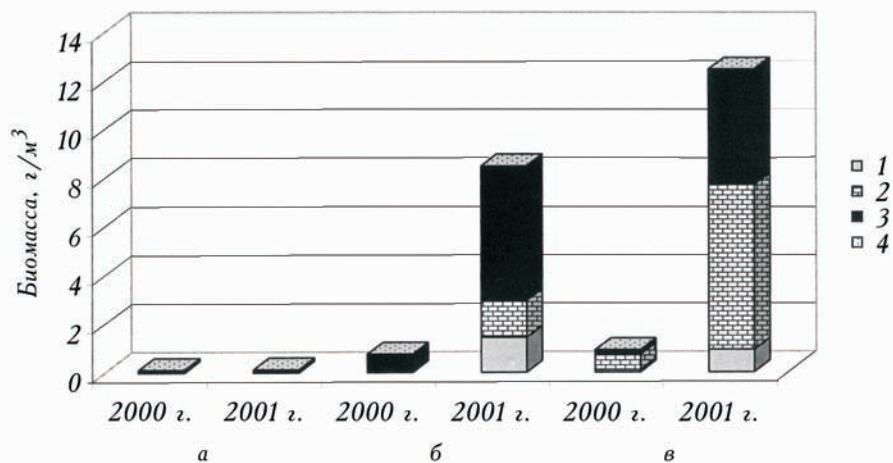
7. Некоторые характеристики зоопланктона как показатели качества вод в Шацких озерах разного уровня трофии

| Озера | Сапробность видов-эдификаторов | | Cladocera / Copepoda (по биомассе) | | Calanoida / Cyclopoida (по биомассе) | | Разница биомасс, разы | |
|-------|--------------------------------|----------|------------------------------------|---------|--------------------------------------|---------|-----------------------|---------|
| | 2000 г. | 2001 г. | 2000 г. | 2001 г. | 2000 г. | 2001 г. | 2000 г. | 2001 г. |
| 1 | о, о | о, о-β | 0,80 | 0,51 | 0,18 | 2,08 | 1,0 | 1,0 |
| 2 | о, о-β | о-β, о-β | 0,04 | 0,27 | 0,00 | 0,02 | 6,0 | 64,5 |
| 3 | о-β, β-о | о-β, β-α | 3,24 | 1,43 | 0,02 | 0,07 | 7,5 | 94,5 |

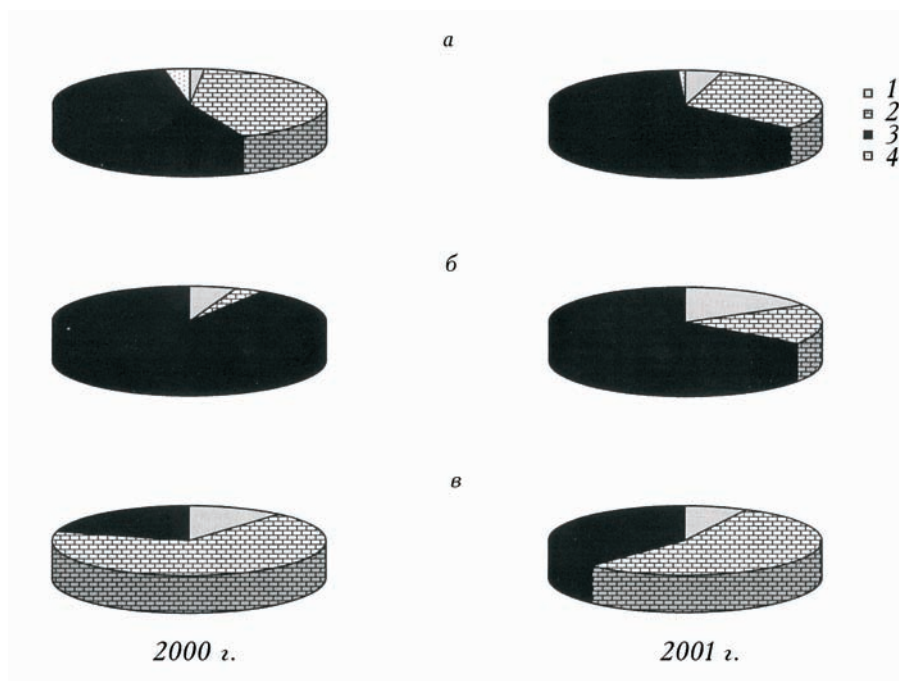
Далее, исходя из упрощенного метода определения качества воды [5], основанного на том, индикаторами какого уровня сапробности являются виды-эдификаторы (первая пара доминантов) в каждой группе озер (см. табл. 3), по известной системе была получена картина трофо-сапробиологического состояния этих водоемов [16, 22] (табл. 9). Так, в мезотрофных озерах воды были на один разряд лучше, чем в мезо-евтрофных, а в последних — на один разряд лучше, чем в евтрофных. Как видим, результаты определения качества вод Шацких озер по зоопланктону полностью совпали с таковыми по ряду других показателей (см. табл. 1), то есть в стоячих водоемах это сообщество является чувствительным инструментом биоиндикации и его использование достаточно эффективно. Вместе с тем, поскольку большинство зоопланктонтов приурочено к мезосапробной зоне и только некоторые из них отдают предпочтение водам более низкой или высокой сапробности, то оценка с их помощью органического загрязнения часто бывает несколько завышенной (особенно в лотических гидроэкосистемах).

Таким образом, в результате проведения биологической индикации было установлено, что большинство качественных и количественных параметров пелагического зоопланктона и сапробность видов-эдификаторов в разных группах Шацких озер различны и полностью соответствуют их лимнологическому типу и уровню трофии, определенным по ряду других показателей, то есть результаты разных способов оценки качества вод совпали. По нашему мнению, такое совпадение говорит об определенном соответствии зоопланктонных сообществ как компонентов биоты населенному ими биотопу — водным массам, другими словами, о некоей гармонии между абиотической и биотической составляющими экосистемы [10, 14]. При этом во всех группах озер зоопланктон отличался достаточной многокомпонентностью, продуктивностью и сбалансированностью, которые свидетельствуют о нормальных биоразнообразии, структуре и функционировании, то есть об экологическом здоровье, гомеостазе со средой, или экологическом благополучии этого сообщества в условиях природного и антропогенного воздействия [7, 23, 24].

Следующим шагом было определение экологического состояния экосистем Шацких озер. Самым простым было бы воспользоваться одной из разработанных на Украине методик [22], согласно которой через качество воды можно адекватно, хотя и опосредованно, отразить качество среды [2], и по которой состояние мезотрофных вод признается «хорошим», а евтрофных



1. Биомасса пелагического зоопланктона в Шацких озерах разного уровня трофии летом в разные годы. Здесь и на рис. 2: *а* — мезотрофные, *б* — мезо-евтрофные, *в* — евтрофные озера; 1 — Rotatoria; 2 — Cladocera; 3 — Copepoda; 4 — другие.



2. Соотношение по биомассе основных таксонов пелагического зоопланктона в Шацких озерах разного уровня трофии летом в разные годы.

— «удовлетворительным». Но другая методика (тех же разработчиков) [23] предложила новое понятие — экологический норматив качества поверхностных вод, который представляет собой некоторый обязательный, научно обоснованный уровень качества вод для конкретного водного объекта, при котором этот объект будет находиться в оптимальных, равновесных услови-

8. Информационное разнообразие (по индексу Шеннона) зоопланктона в Шацких озерах разного уровня трофии

| Индекс Шеннона | 2000 г. | | | 2001 г. | | |
|----------------|---------|------|------|---------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| По численности | 3,48 | 2,53 | 2,85 | 2,51 | 2,75 | 2,89 |
| По биомассе | 3,43 | 1,43 | 2,33 | 2,54 | 2,43 | 2,81 |

9. Качество вод в Шацких озерах разного уровня трофии по сапробности видов-эдификторов зоопланктона

| Озера | Годы | Сапробность | Трофность | Степень чистоты |
|-------|------|--------------------------|-------------------|--------------------|
| 1 | 2000 | β -олигосапробные | Олиго-мезотрофные | Очень чистые |
| | 2001 | α -олигосапробные | Мезотрофные | Чистые |
| 2 | 2000 | α -олигосапробные | Мезотрофные | Чистые |
| | 2001 | β' -мезосапробные | Мезо-евтрофные | Достаточно чистые |
| 3 | 2000 | β' -мезосапробные | Мезо-евтрофные | Достаточно чистые |
| | 2001 | β'' -мезосапробные | Евтрофные | Слабо загрязненные |

ях функционирования, иначе говоря, в состоянии своего экологического благополучия, несмотря на действие природных и антропогенных факторов. Более того, этот норматив как некий экологический стандарт может быть не только оптимальным, то есть наилучшим для водоема, но и допустимым, отражающим неизбежные отклонения в сторону ухудшения вследствие действия различных факторов при условии, что экосистеме не причиняется ущерб. При этом первый вариант норматива соответствует средним, или модальным значениям показателей качества вод в диапазоне обычной изменчивости, а второй — их граничным величинам [20, 21]. Тем самым признается, что экологически благополучным может быть в равной степени состояние и олиготрофного, и евтрофного водоема, если оно адекватно их первоначальному природному статусу.

В связи с большой популярностью в последнее время европейской Водной рамочной директивы [29] следует отметить, что в нашем случае практическое применение ее подходов сопряжено с рядом трудностей. Во-первых, рассматриваемые водоемы не являются однотипными, то есть подобными как местообитания, и поэтому сравнивать и ранжировать их по одному признаку — силе антропогенного влияния — нельзя [2, 7]. Во-вторых, использовать в качестве референсных ретроспективные данные также невозможно, поскольку зоопланктон является чрезвычайно динамичным и изменчивым во времени сообществом [17]. Тем самым он не удовлетворяет основному требованию, предъявляемому к биоиндикаторам, — их характеристики должны иметь низкую вариабельность в пределах нормы и высокую чувствительность к различным нарушениям [24]. И, наконец, Директива пред-

ставляет собой только общую схему оценки состояния водных экосистем и не содержит четких значений показателей качества вод [20].

Учитывая изложенное, установленное экологическое благополучие использованного в качестве индикаторного сообщества пелагического зоопланктона дают нам право считать экологическое состояние экосистем Шацких озер всех уровней трофии удовлетворительным. Вдобавок ко всему, эта оценка хорошо согласуется с мнением ученых, разработавших экологические нормативы для интересующих нас водоемов и сделавших вывод о качестве вод на основе показателей солевого состава и трофо-сапробности (но не токсичности) [15]. Тем самым мы присоединяемся к представлению о том, что нужно оценивать не качество воды как ресурса для человека, а качество среды как местообитания для гидробионтов, и поэтому «болото как экосистема» (если оно природное, а не следствие вмешательства человека) ничуть не «хуже озера» [3, 10].

Заключение

Пелагический зоопланктон Шацкого озерного комплекса в период наблюдений характеризовался большим таксономическим (77 видов, 40 родов, 20 семейств), экологическим (пелагическая, литорально-фитофильная и бентосно-фитофильная группы) и трофическим (мирные, всеядные и хищные консументы) разнообразием, достаточным количественным развитием (в среднем по комплексу в разные годы 47,7 и 1188,1 тыс. экз./м³ и 0,576 и 9,238 г/м³) и сбалансированной структурой.

Большинство качественных и количественных параметров зоопланктона было различно в озерах разного лимнологического типа и уровня трофии. Так, индексы видового сходства Жаккара составляли 46—57. Общие численность и биомасса в мезотрофных озерах были меньше, чем в мезо-евтрофных, в среднем в 21,0 и 35,0 раз и меньше, чем в евтрофных, в 26,5 и 51,0 раз соответственно. В первой и второй группе озер среди основных таксонов по биомассе доминировали Сорерода (составляя 59 и 78% соответственно), в третьей — Cladocera (61%). Соотношение биомассы ветвистоусых и веслоногих было наибольшим в третьей группе, а каляноид и циклопид — в первой.

В результате биоиндикации Шацких озер по зоопланктону установлено, что его многокомпонентность, продуктивность и сбалансированность, а также соответствие своему биотопу, свидетельствуют как о его экологическом благополучии в условиях антропогенного влияния, так и об удовлетворительном экологическом состоянии экосистем всех групп озер.

**

При дослідженні пелагічного зоопланктону Шацьких озер встановлено, що він характеризується великим різноманіттям, кількісним багатством і збалансованою структурою, що розрізняються у водоймах різного лімнологічного типу та рівня трофії. За результатами біоіндикації зроблено висновок про благополуччя самих угруповань і задовільний стан екосистем всіх озер.

**

Under the investigation of pelagic zooplankton of the Shatsk lakes it was established, that it is characterized by large diversity, quantitative abundance and balanced structure, which differ in the water-bodies of different limnological type and trophya's level. By the results of bioindication the conclusion about well-being of communities themselves and satisfactory state of all lake ecosystems has been made.

**

1. *Андроникова И.Н.* Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. — Л., 1989. — 39 с.
2. *Афанасьев С.А.* Развитие европейских подходов к биологической оценке состояния гидроекосистем в мониторинге рек Украины // Гидробиол. журн. — 2001. — Т. 37, № 5. — С. 3—18.
3. *Афанасьев С.А.* Методология гидробиологических исследований в аспекте внедрения положений Рамочной Водной Директивы ЕС в Украине // «Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем»: Сб. материалов междунар. конф. — СПб.: ЛЕМА, 2007. — С. 13—18.
4. *Демченко Л.І.* Сучасний стан зоопланкtonу в озерах Шацького національного природного парку // Українське Полісся: вчора, сьогодні, завтра. Зб. наук. пр. — Луцьк: Надстир'я, 1998. — С. 194—195.
5. *Дзюбан Н.А.* Упрощенное определение степени сапробности воды по зоопланкtonу // Гидробиол. журн. — 1982. — Т. 18, № 3. — С. 70—71.
6. *Думич О.Я., Савицька О.М.* Зоопланкton озер Шацького національного природного парку // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону. Міжвідом. зб. наук. пр. — Донецьк: ДонНУ, 2006. — Вип. 6. — С. 106—112.
7. *Константинов А.С.* Оценка и индикация состояния водных экосистем в условиях антропогенного воздействия // «Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям»: Тр. Всесоюз. конф., Москва, 1—3 нояб. 1978 г. — Л.: Гидрометеиздат, 1981. — С. 75—89.
8. *Крючкова Н.М.* Структура сообществ зоопланктона в водоемах разного типа // Продукционно-гидробиологические исследования водных экосистем (Тр. ЗИН АН СССР, Т. 165). — Л.: Наука, 1987. — С. 184—198.
9. *Лобуничева Е.В.* Изменение зоопланктона малых озер Лозско-Азатской группы как индикатор их евтрофирования // Междунар. конф. «Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем»: Тез. докл., С.-Петербург, 23—27 окт. 2006 г. — СПб., 2006. — С. 93.
10. *Максимов В.Н.* Проблемы комплексной оценки качества природных вод (экологические аспекты) // Гидробиол. журн. — 1991. — Т. 27, № 3. — С. 8—13.
11. *Морозова А.А.* Основные тенденции изменения качества воды озерных систем Шацкого национального природного парка // Там же. — 2006. — Т. 42, № 4. — С. 111—118.
12. *Назарук К.М., Думич О.Я., Хамар І.С.* Закономірності розвитку мезозoopланктонних угруповань озера Чорне Велике Шацького національного природного парку // Матеріали наук. конф. «Стан і біорізноманіття еко-

- систем Шацького національного природного парку», Шацьк, 11—14 вер. 2008 р. — Львів: СПОЛОМ, 2008. — С. 90—91.
13. Назарук К., Хамар І. Структура зоопланктону озера Чорне Велике Шацького національного природного парку як індикатор його антропогенного навантаження // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. — 2008. — Вип. 46. — С. 101—108.
 14. Огум Ю. Основы экологии. — М.: Мир, 1975. — 742 с.
 15. Окснюк О.П. Экологические нормативы качества воды для Шацких озер // Гидробиол. журн. — 1999. — Т. 35, № 5. — С. 74—86.
 16. Олексив И.Т. Показатели качества природных вод с экологических позиций. — Львов: Свит, 1992. — 235 с.
 17. Пашкова О.В. Зоопланктон пелагиали Каневского водохранилища и особенности его пространственно-временного распределения // Гидробиол. журн. — 2007. — Т. 43, № 1. — С. 3—23.
 18. Пугайко М.Л. Зоопланктон водоемов Европейской части СССР. — М.: Наука, 1984. — 208 с.
 19. Полищук В.В., Травянюк В.С., Гарасевич И.Г. и др. Современный гидрохимический и гидробиологический режим Шацких озер и основные задачи по их охране // 4-е Всесоюз. лимнол. совещ. «Круговорот вещества и энергии в водоемах. Гидрохимия и качество вод»: Тез. докл. — Лиственничное-на-Байкале, 1977. — С. 71—77.
 20. Романенко В.Д., Жукинський В.М. Актуальные проблемы и достижения украинской гидроэкологии в области экологической оценки состояния поверхностных водных объектов // Гидробиол. журн. — 2003. — Т. 39, № 1. — С. 3—20.
 21. Романенко В.Д., Жукинський В.М., Окснюк О.П. Методологические предпосылки для установления и использования экологических нормативов качества поверхностных вод // Там же. — 1999. — Т. 35, № 3. — С. 3—14.
 22. Романенко В.Д., Жукинський В.М., Окснюк О.П. та ін. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. — К.: СИМВОЛ-Т, 1998. — 28 с.
 23. Романенко В.Д., Жукинський В.М., Окснюк О.П. та ін. Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України. — К., 2001. — 48 с.
 24. Семенченко В.П. Принципы и системы биоиндикации текучих вод. — Минск: Орех, 2004. — 124 с.
 25. Столбунова В.Н. Итоги многолетних исследований пелагических зоопланктоценозов Иваньковского и Угличского водохранилищ // Материалы 7-го съезда Гидробиол. о-ва. РАН, Казань, 14—20 окт. 1996 г. — Казань: Полиграф, 1996. — Т. 1. — С.216—217.
 26. Хамар І.С., Назарук К.М. Зоопланктон як індикатор екологічного стану водойм Шацького національного природного парку // Наук. вісн. Волин. нац. ун-ту. Біол. науки. — 2009. — № 2. — С. 103—109.
 27. Якушин В.М., Гош Р.І., Тімченко В.М. Оцінка якості води Шацьких озер за еколого-санітарними показниками // Шацький національний природний парк. Наук. дослідж. 1983—1993 рр. — Світязь, 1994. — С. 96—107.

28. Ялынская Н.С. Биологические основы реконструкции рыбного хозяйства озер Шацкой группы Волынской области: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Львов, 1953. — 15 с.
29. Directive 2000 /60/ EC of the European Parliament and the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy // Offic. J. of the European Communities. — L. 327, 22.12.2000. — 72 p.
30. Gannon J.E. Effects of eutrophication and fish predation on recent changes zooplankton crustacean species composition in Lake Michigan // Trans. Amer. Microsc. Soc. — 1972. — Vol. 91, N 1. — P. 82—84.
31. McNaught D.C. A hypothesis to explain the succession from calanoids to cladocerans during eutrophication // Verh. Int. Ver. theoret. und angew. Limnol. — Stuttgart, 1975. — Bd. 19, N 1. — S. 724—730.
32. Patalas K. Crustacean plankton and the eutrophication of St. Lawrence Great Lakes // J. Fish. Res. Board of Canada. — 1972. — Vol. 29, N 10. — P. 1451—1462.

Институт гидробиологии НАН Украины, Киев

Поступила 25.08.11