

УДК [591.524.12:581.526.325]:546.17 (285.3)

В. Д. Романенко, Ю. Г. Крот, Т. И. Леконцева,
А. Б. Подругина

**ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ
ФИТО- И ЗООПЛАНКТОНА ПРИ ЭКСТРЕМАЛЬНО
ВЫСОКОМ СОДЕРЖАНИИ НЕОРГАНИЧЕСКИХ
СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА В ВОДЕ**

Исследовали структуру фито- и зоопланктона в модельной экосистеме (экспериментальный пруд) с экстремально высокой концентрацией неорганических соединений азота ($N-NH_4^+$ — 60,0—862,9, $N-NO_2^-$ — 0,62—9,88, $N-NO_3^-$ — 24,2—105,9 мг/дм³) в водной среде. Фитопланктон представлен систематическими группами Chlorophyta, Bacillariophyta, Euglenophyta, Цианобактерии при ведущей роли зеленых водорослей, зоопланктон — Rotatoria, Cladocera, Соперода при доминировании ротаторно-клядоцерного комплекса. Особенности структурной организации фито- и зоопланктона пруда являются преобладание эврибионтных видов, небольшое количество доминирующих видов, колебания биомассы в пределах соответственно 0,1—5,7 и 0,001—6,4 г/м³. Максимальная биомасса отмечена у представителей зеленых водорослей *Chlorella* sp., *Kirchneriella irregularis* (Smith) Korshikov, *Ankistrodesmus fusiformis* Corda, коловраток *Braconionus rubens* Ehrenberg и ветвистоусых ракообразных *Moina macroscopa* Straus, *Daphnia magna* Straus.

Ключевые слова: экспериментальный пруд, неорганические соединения азота, фитопланктон, зоопланктон, качество воды.

Интенсификация процесса урбанизации территорий приводит к увеличению количества загрязняющих веществ, поступающих в гидроэкосистемы, что может сопровождаться нарушением их устойчивого функционирования, сокращением биоразнообразия и снижением самоочистительной способности [14].

Одной из актуальных задач современной гидроэкологии является определение экологических предельно допустимых нагрузок на водные экосистемы [3]. Загрязнение поверхностных и подземных вод соединениями азота приобретает все более глобальный характер [21]. Повышение уровня неорганических соединений азота в водной среде может оказывать как стимулирующее (увеличение численности и биомассы первичных продуцентов и зоопланктона), так и угнетающее (снижение видового разнообразия и количественных показателей развития биоценозов) действие, которое может приводить к элиминации чувствительных популяций зоопланктона, бентос-

© В. Д. Романенко, Ю. Г. Крот, Т. И. Леконцева, А. Б. Подругина, 2017

ных беспозвоночных и рыб, упрощению трофической структуры экосистемы и изменению ее функциональных характеристик [3, 8, 19, 21]. Несмотря на значительный объем данных, касающихся экологических и токсикологических эффектов повышенного уровня азотного загрязнения водных экосистем, особенности функционирования естественных биоценозов в условиях продолжительного действия гипервысоких концентраций неорганических соединений азота в воде остаются малоизученными.

Для оценки отклика экосистемы на действие загрязнений, влияющих на физико-химические свойства воды и состояние биоты, в настоящее время используют натурные модельные экосистемы, дающие результаты, сопоставимые с реакцией материнских гидроэкосистем [13]. Одним из вариантов модельной экосистемы является экспериментальный пруд — природный или искусственный самостоятельный водоем, биотическая составляющая которого испытывает влияние абиотических факторов окружающей среды [7].

Настоящая работа посвящена изучению структурных особенностей организации фито- и зоопланктона при продолжительном действии экстремально высоких концентраций неорганических соединений азота в натурной модельной экосистеме.

Материал и методика исследований. Модельной экосистемой служил экспериментальный пруд «Русалка» дендропарка «Александрия» (г. Белая Церковь), вода которого отличается высоким содержанием неорганических соединений азота аллохтонного происхождения, поступающих из подземных источников, питающих водоем. Площадь пруда составляет 0,6 га, глубина — от 0,8 до 2,5 м (около плотины), объем водной массы — 11—12 тыс. м³. При расходе воды 9—11 м³/ч полный водообмен осуществляется за 45—50 сут.

В период исследований (2003—2007 гг.) вода пруда характеризовалась повышенной минерализацией в пределах 1403—2627 мг/дм³ (среднее за период исследований — 1913 ± 80 мг/дм³), содержанием N-NH₄⁺ 60,0—862,9 (206,3 ± 28,8 мг/дм³), N-NO₂⁻ — 0,62—9,88 (2,70 ± 0,37 мг/дм³), N-NO₃⁻ — 24,2—105,9 (60,4 ± 3,2 мг/дм³), растворенного кислорода — 5,1—7,2 мг/дм³, величиной pH 7,6—8,8 (8,3 ± 0,1). Температура воды в весенний период составляла 15—23, летний — 19—24, осенний — 11—16°C.

Отбор проб фито- и зоопланктона проводили один раз в месяц (май, август, октябрь) в поверхностном горизонте воды на верхнем (А), среднем (Б) и нижнем (В) участках пруда, камеральную обработку¹ осуществляли общепринятыми методами [6, 12] с использованием определителей [1, 9, 11, 15, 17, 18, 20]. Проведение гидрохимических анализов осуществляли стандартными методами [10, 12]. Полученные данные обработаны статистически при помощи программы Statistica 6.0.

¹ В камеральной обработке проб принимали участие Т. В. Фриновская, В. П. Шадрина, О. К. Якуненко.

Результаты исследований и их обсуждение

Вода экспериментального пруда характеризуется высоким содержанием неорганических соединений азота с преобладанием аммонийной формы. Источник поступления загрязнений имел локальный характер, при этом в близлежащей зоне концентрация $N-NH_4^+$, $N-NO_2^-$ и $N-NO_3^-$ достигала соответственно $582,7 \pm 65,7$ (261,8—862,9), $5,78 \pm 1,36$ (1,64—9,88) и $70,6 \pm 10,5$ (47,8—105,9) мг/дм³, по мере удаления от него содержание $N-NH_4^+$ снижалось в несколько раз. За период исследований концентрация $N-NH_4^+$ в верхней (А), средней (Б) и нижней (В) частях водоема составляла соответственно 110,9—309,5, 60,0—270,5 и 60,5—259,4 мг/дм³. Динамика $N-NO_2^-$ и $N-NO_3^-$ положительно коррелировала с уровнем $N-NH_4^+$ (рис. 1).

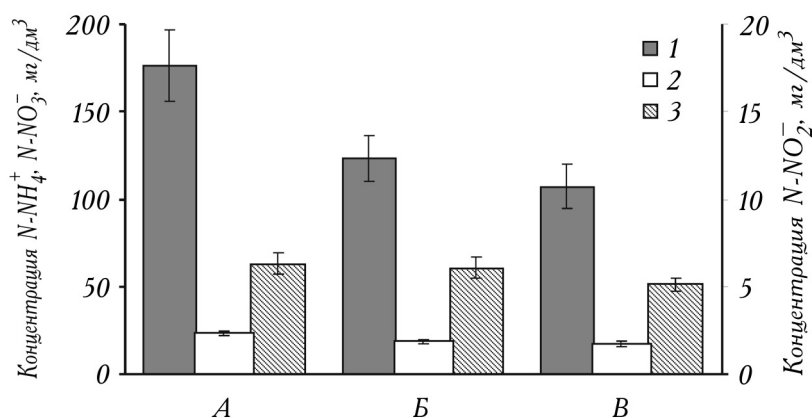
Высокий уровень азотного загрязнения водоема вызвал нарушения в структуре биоты: гибель ихтиофауны, отсутствие высшей водной растительности в зоне поступления загрязненных вод. Фитопланктон был представлен пресноводными видами, характерными для евтрофных водоемов. За период наблюдений зарегистрировано 45 видов водорослей, относящихся к четырем отделам: зеленые Chlorophyta (48%), диатомовые Bacillariophyta (24%), эвгленовые Euglenophyta (20%) и синезеленые Cyanoprokaryota (9%). Основу доминирующего комплекса составляли зеленые и диатомовые водоросли. Количество видов, одновременно присутствовавших в пробах, обычно не превышало 17. Пик видового богатства фитопланктона на участке пруда (В) с наименьшим содержанием $N-NH_4^+$ наблюдался в летне-осенний период, тогда как при более высоком уровне загрязнения (участки А, Б) — только в летний (рис. 2).

Фитопланктон экспериментального пруда характеризовался преимущественным развитием небольшого количества видов (от одного до трех) и быстрой сменой доминантов в течение вегетационного периода. Данное явление характерно для водоемов повышенной трофности и обусловлено массовым развитием эвритрофных высокопродуктивных форм [19, 21]. Основные виды-доминанты в условиях экстремального содержания неорганических соединений азота представлены в таблице 1.

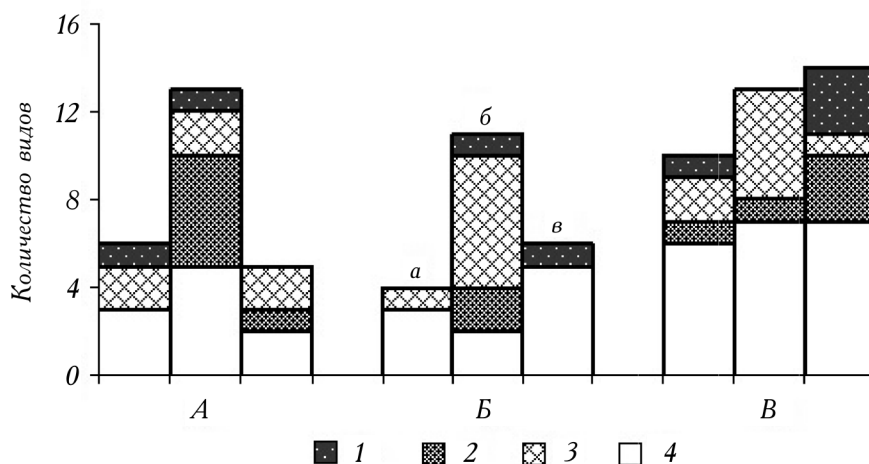
Следует отметить, что по всей акватории пруда ведущее положение среды доминирующих видов занимают представители Chlorophyta. Так, в течение вегетационного сезона 2003 г. наблюдалось массовое развитие *Ankistrodesmus fusiformis* в весенний период, *Chlorella* sp. — в летний и *Kirchneriella irregularis* — в осенний. Однако на верхнем (А) и нижнем (В) участках пруда, преимущественно в весенний и осенний периоды, регистрировали численное преобладание синезеленых водорослей р. *Oscillatoria*.

Показатели количественного развития фитопланктона в пруду изменялись в пределах 0,1—50,7 млн. кл/дм³ и 0,1—5,7 г/м³. Максимальный уровень по среднесезонным показателям характерен для летне-осеннего периода (рис. 3).

В формировании биомассы фитопланктона ведущая роль принадлежала зеленым водорослям (22,3—100%), в некоторые сезоны заметный вклад вно-



1. Концентрация неорганических соединений азота ($M \pm m$) в воде экспериментального пруда (2003—2007 гг.): 1 — $N-NH_4^+$; 2 — $N-NO_3^-$; 3 — $N-NO_2^-$, мг/дм³. Здесь и на рис. 2—8: А — верхний; Б — средний; В — нижний участки пруда.



2. Сезонная динамика видового богатства фитопланктона в экспериментальном пруду: 1 — Суанопрокаутоа; 2 — Euglenophyta; 3 — Vacillariophyta; 4 — Chlorophyta. Здесь и на рис. 3, 6 и 7: а — весна; б — лето; в — осень.

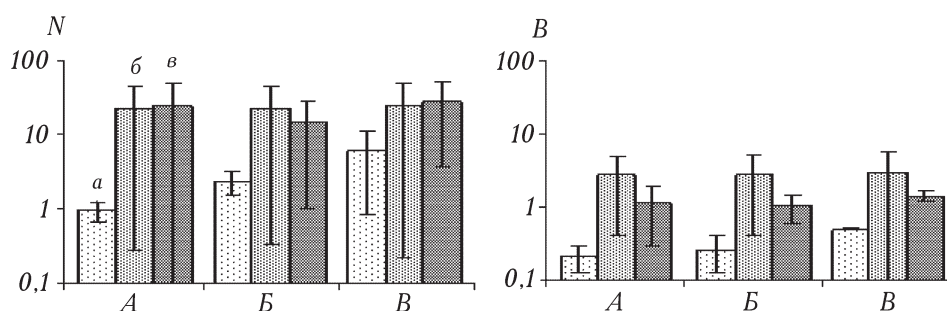
сили синезеленые (до 75—97%) и эвгленовые (9,8—74,5%). Доля эвгленовых увеличивалась преимущественно в летне-осенний период в верхней части пруда, что может указывать на повышение содержания органического вещества в среде, синезеленых — в весенне-летний в наименее загрязненном нижнем участке. Наиболее высокий уровень биомассы отмечен в сезоны активной вегетации таких представителей зеленых водорослей, как *Chlorella* sp. (47 млн. кл/дм³, 5,3 г/м³) и *K. irregularis* (50 млн. кл/дм³, 1,5 г/м³), что свидетельствует о значительной толерантности этих видов к высокому содержанию неорганических соединений азота.

1. Доминирующие виды* фитопланктона в экспериментальном пруду

Виды	Участки пруда		
	А	Б	В
Отдел Cyanoprokaryota			
<i>Geitlerinema amphibium</i> (C. Agardh ex Gomont)	d _N		
<i>Anagnostidis</i> = (<i>Oscillatoria amphibium</i> (C. Agardh ex Gomont))			
<i>Oscillatoria planctonica</i> Woloszynska			d _N , d _B
<i>Oscillatoria tenuis</i> Agardh ex Gomont			d _N , d _B
Отдел Chlorophyta			
<i>Schroederia setigera</i> (Schröder) Lemmermann	d _N , d _B		
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komarkova-Legnerova	d _N , d _B		
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Corda		d _N , d _B	d _N , d _B
<i>Chlorella</i> sp.	d _N , d _B	d _N , d _B	d _N , d _B
<i>Kirchneriella irregularis</i> (Smith) Korshikov	d _N , d _B	d _N , d _B	d _N , d _B
<i>Desmodesmus communis</i> Hegewald			d _N , d _B
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood			d _N
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i> Dangeard	d _N , d _B	d _B	
Отдел Bacillariophyta			
<i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg	d _N		
Отдел Euglenophyta			
<i>Euglena granulata</i> (Klebs) Schmitz		d _B	
<i>Euglena viridis</i> (Müller) Ehrenberg	d _B		
<i>Monomorphina pyrum</i> (Ehrenberg) Mereschkowsky = (<i>Phacus pyrum</i> (Ehrenberg) Archer)			d _B
<i>Trachelomonas planctonica</i> Swirenko	d _B		

П р и м е ч а н и е. Здесь и в табл. 2: * виды-доминанты с уровнем количественного развития в сообществе более 25%; d_N — доминант по численности; d_B — доминант по биомассе.

Указанные особенности видовой структуры альгофлоры в экспериментальном пруду объясняются экологическими характеристиками разных групп водорослей. Многие исследователи, оценивая потребности отдельных видов и групп водорослей в содержании азота в среде, отмечают, что наиболее требовательными являются зеленые (особенно коккоидные) водоросли, наименее — диатомовые [4, 5, 16]. Развитие синезеленых водорослей р. *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Oscillatoria*, способных фиксировать атмосферный азот, при высокой концентрации минеральных соединений азота угнетается [2, 19, 21].



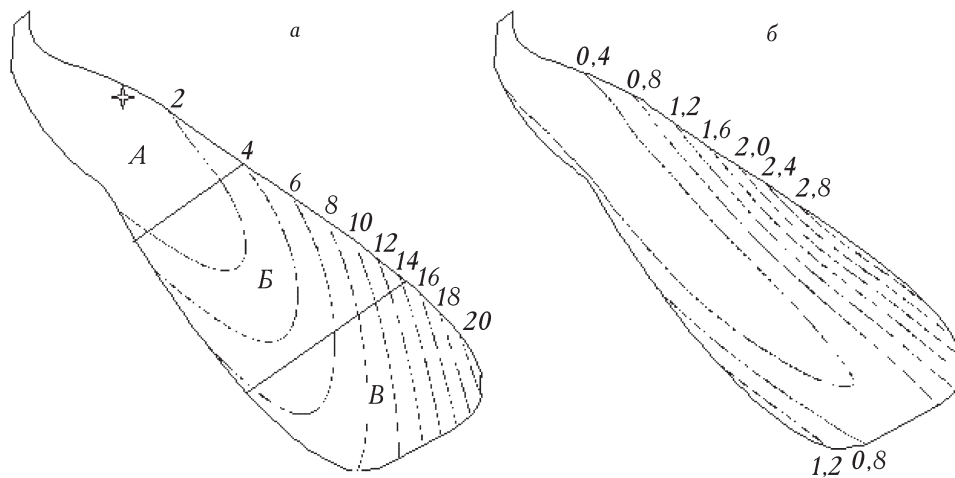
3. Среднесезонные показатели численности (N , млн. кл/дм³) и биомассы (B , г/м³) фитопланктона в экспериментальном пруду.

Изучение структурной организации фитопланктонных комплексов в различных частях пруда показало ярко выраженное снижение видовой представленности и количественных показателей развития фитопланктона в зоне поступления загрязнений, где концентрация неорганических соединений азота была экстремально высокой. При уменьшении уровня загрязнения зависимость структурных характеристик альгоценозов от содержания соединений азота в воде проявлялась в меньшей степени и не носила постоянного характера.

Исследование, проведенное в мае 2004 г., выявило увеличение видового богатства (от 4 до 8—12 видов) и количественных показателей развития фитопланктона по мере удаления от источника загрязнения. Суммарные величины численности и биомассы фитопланктона возрастали соответственно с 0,65—1,1 млн. кл/дм³ и 0,12—0,40 г/м³ в зоне максимальной концентрации соединений азота до 7,4—15,1 млн. кл/дм³ и 0,50—1,35 г/м³ — в нижней части пруда, где содержание аммонийного азота было почти в два раза меньше (рис. 4).

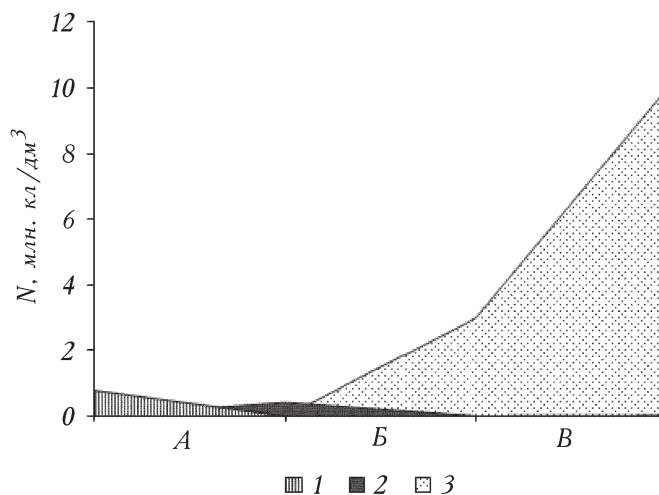
Видовой состав водорослей в этот период характеризовался хорошо выраженной гетерогенностью, обусловленной различной степенью азотного загрязнения акватории. Так, уменьшение концентрации $N-NH_4^+$ с 141,3 в верхней (А) до 82,0 мг/дм³ — в нижней (В) части пруда сопровождалось сменой доминирующих видов зеленых водорослей в следующей последовательности: *Schroederia setigera*, *M. griffithii*, *A. fusiformis*, при этом последний вид значительно увеличивал свою численность при снижении уровня загрязнения (рис. 5). На прибрежных участках пруда в формировании биомассы возрастала доля синезеленых (*Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs, *O. planctonica*) и диатомовых водорослей (*Melosira varians* Agardh, *Stephanodiscus hantzschii* Grunow).

Изучение структурных характеристик зоопланктона в экспериментальном пруду показало, что сообщество представлено тремя основными систематическими группами: Rotatoria, Cladocera, Copepoda. Общее количество зарегистрированных видов зоопланктонтов составило 31. Наибольшим разнообразием характеризовались коловратки (13 видов) и ветвистоусые рако-



4. Пространственное распределение численности (N , млн. кл/дм³) (а) и биомассы (B , г/м³) (б) фитопланктона по акватории экспериментального пруда. \diamond — зона поступления загрязненных вод.

образные (12 видов). По суммарному количеству обнаруженных видов различий между наиболее и наименее загрязненными участками пруда не выявлено, однако наблюдалось изменение относительной представленности разных систематических групп зоопланктона. Так, в верхней части пруда с наибольшим содержанием $N-NH_4^+$ отмечено более высокое видовое богатство ветвистоусых ракообразных (43%) и низкое — веслоногих (13%). В нижнем, наименее загрязненном, участке обе группы ракообразных были представлены равными долями (соответственно 30 и 26%). Наименьшее количество видов, при доминировании коловраток (70%), наблюдалось в средней части пруда.



5. Смена доминирующих видов зеленых водорослей в экспериментальном пруду: 1 — *Sch. setigera*; 2 — *M. griffithii*; 3 — *A. fusiformis*.

В течение вегетационного периода наблюдалось значительное изменение видовой структуры зоопланктона. При этом массового развития обычно достигали от одного до четырех видов. Количество видов, одновременно

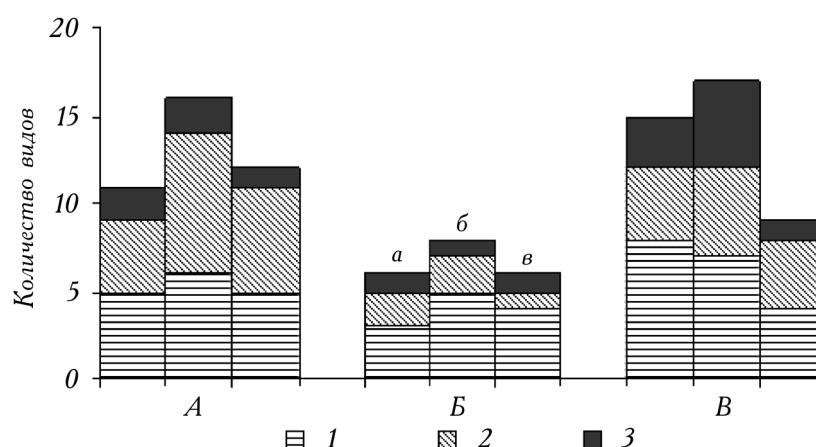
2. Доминирующие виды зоопланктона в экспериментальном пруду

Виды	Участки пруда		
	А	Б	В
Класс Rotatoria			
<i>Brachionus angularis</i> Gosse	d _N ,d _B	d _N	d _N ,d _B
<i>Brachionus rubens</i> Ehrenberg	d _N ,d _B	d _N ,d _B	d _N ,d _B
<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann	d _N ,d _B	d _N ,d _B	
<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas			d _B
<i>Brachionus nilsoni</i> Ahlstrom		d _N	
Отряд Соперода (класс Crustacea)			
<i>Acanthocyclops vernalis</i> Fischer			d _B
<i>Cyclops strenuus</i> Fischer	d _N ,d _B	d _N ,d _B	d _N ,d _B
<i>Thermocyclops crassus</i> Fischer	d _N		
Отряд Cladocera (класс Crustacea)			
<i>Moina macrocopa</i> Straus	d _N ,d _B	d _N ,d _B	d _N ,d _B
<i>Moina rectirostris</i> Leydig	d _B		
<i>Daphnia magna</i> Straus	d _B	d _B	d _B
<i>Daphnia longispina</i> Mueller			d _N ,d _B
<i>Simocephalus vetulus</i> Mueller			d _N ,d _B
<i>Chydorus sphaericus</i> Mueller	d _N		

присутствующих в пробах, не превышало 20. Основные представители доминирующих комплексов представлены в таблице 2.

В сезонной динамике видовой структуры зоопланктона на всех участках пруда, независимо от концентрации неорганических соединений азота, четко выражен летний пик разнообразия, формируемый ракообразными (рис. 6). При этом на участке с минимальным уровнем загрязнения (В) повышенное видовое богатство наблюдалось также в весенний период за счет увеличения представленности отряда Соперода. В средней части пруда (Б) регистрировали уменьшение количества видов в 1,5—2 раза.

Количественные показатели развития зоопланктона в течение вегетационного периода значительно варьировали (рис. 7). Максимальные уровни отмечались в весенне-летний период и характеризовались резкими колебаниями. Так, за период исследований численность и биомасса весеннего зоопланктона по акватории пруда изменялись соответственно в пределах 0,34—5603 (среднее значение за период исследований 781) тыс. экз/м³ и 0,002—6,25 (0,91) г/м³, летнего — 0,9—175,4 (41,93) тыс. экз/м³ и 0,04—6,37 (2,02) г/м³. В весенний период количественно доминировали коловратки или веслоногие ракообразные. Летом основу биомассы создавали ракообразные



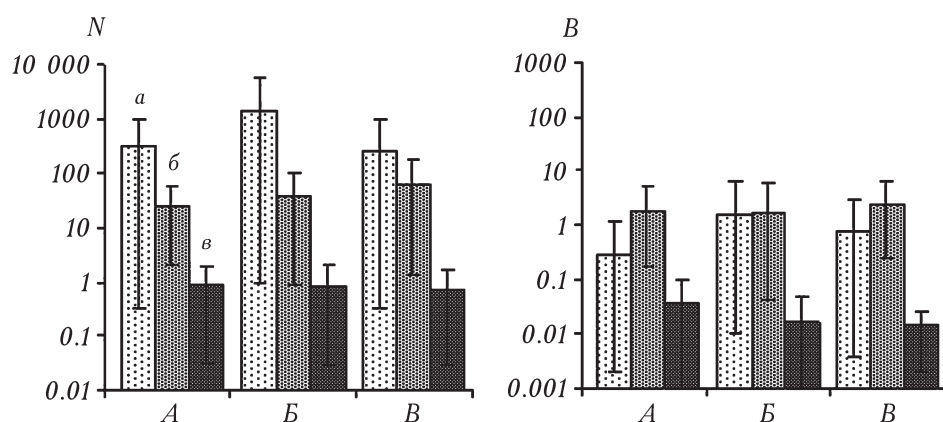
6. Сезонная динамика видового богатства зоопланктона в экспериментальном пруду: 1 — Rotatoria; 2 — Cladocera; 3 — Copepoda (общее количество зарегистрированных видов за период исследований).

при ведущей роли ветвистоусых, что обуславливало наиболее высокий уровень показателей. Осенний сезон в течение периода исследований характеризовался сменой доминирующих групп на фоне очень низких значений численности и биомассы зоопланктона (0,03—2,08 (0,83) тыс. экз/м³ и 0,001—0,095 (0,02) г/м³).

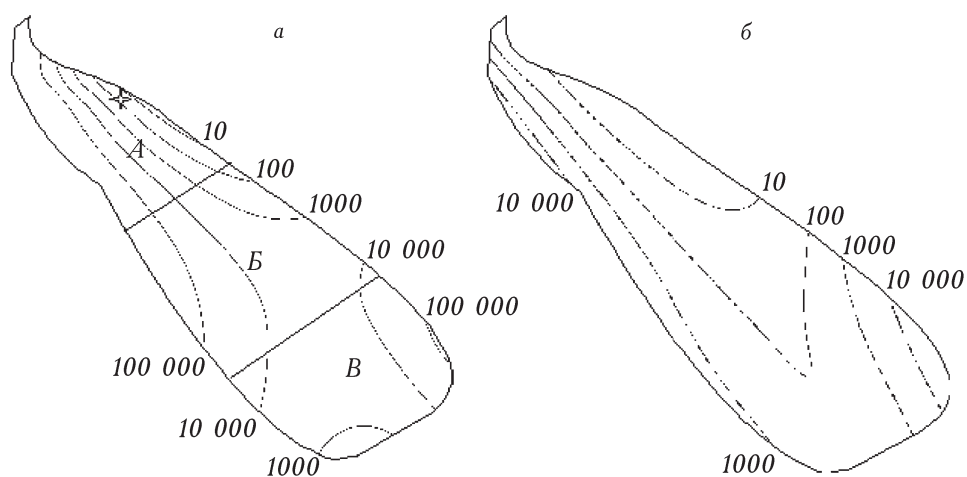
Отмеченные особенности сезонной динамики количественных показателей развития зоопланктона в экспериментальном пруду обусловлены быстрой сменой доминантов, в основном представителей коловраток или ветвистоусых ракообразных, которые характеризуются высокой скоростью воспроизводства и приспособлены к значительным колебаниям условий среды [8]. Наибольшую биомассу в условиях высоких концентраций неорганических соединений азота формировали коловратка брахионус красный *B. rubens* и ветвистоусые ракообразные моина макрокопа *M. macrocopa*, дафния большая *D. magna*.

Негативное влияние неорганических соединений азота на структурные и количественные характеристики зоопланктона ярко проявлялось в зоне поступления загрязнений. На остальной акватории пруда зависимость показателей развития зоопланктонных комплексов от уровня загрязнения носила неустойчивый характер и была менее выражена, чем у фитопланктонных. Изучение пространственной динамики зоопланктона по акватории пруда (май 2004 г.) выявило тенденцию увеличения видового богатства и количественных показателей состава сообщества при уменьшении содержания соединений азота (рис. 8).

Так, возле источника загрязнения численность и биомасса зоопланктона не превышали 67 экз/м³ и 4,5 мг/м³. По мере удаления от источника наблюдалось увеличение количества видов от 1—2 до 9, а также численности и биомассы на 2—3 порядка. Максимальные количественные показатели развития зоопланктона наблюдались в правобережной верхней части пруда



7. Среднесезонные значения численности (N , тыс. экз/м³) и биомассы (B , г/м³) зоопланктона в экспериментальном пруду.



8. Пространственное распределение численности (N , экз/м³) (a) и биомассы (B , мг/м³) (b) зоопланктона (май 2004 г.) по акватории экспериментального пруда; \diamond — зона поступления загрязненных вод.

(253 тыс. экз/м³, 2,6 г/м³) за счет веслоногих *Cyclops strenuus* и в левобережной нижней части (15,3 тыс. экз/м³, 6,2 г/м³) за счет ветвистоусых ракообразных *M. macroscopa*, *D. magna*, которые формировали основу комплекса и доминировали по численности (66%) и биомассе (92%). Центральная часть пруда отличалась меньшими показателями развития зоопланктона (1,5—11,8 тыс. экз/м³ и 0,05—0,17 г/м³) и преобладанием *C. strenuus*. Полученные данные хорошо согласуются с пространственным распределением фитопланктона в пруду и обусловлены, вероятно, неоднородностью трофических, гидрологических и температурных условий.

Заключение

Проведенные исследования показали, что продолжительное воздействие высоких концентраций неорганических соединений азота привело к нарушению трофической структуры экосистемы пруда вследствие гибели ихтиофауны. Фито- и зоопланктон в данных условиях представлен видами с широкой экологической валентностью. Ценоз фитопланктона в пруду сформирован отделами Chlorophyta, Bacillariophyta, Euglenophyta, Cyanoprokaryota при ведущей роли зеленых водорослей, зоопланктона — систематическими группами Rotatoria, Cladocera, Copepoda при преимущественном развитии ротаторно-клагоцерного комплекса.

Из характерных особенностей структурной организации планктонных сообществ в экспериментальном пруду можно выделить наличие небольшого количества доминирующих видов, резкие сезонные и годовые колебания показателей численности и биомассы, что может свидетельствовать о снижении устойчивости сообществ при интенсивном воздействии азотного загрязнения. Максимальный уровень биомассы формировали представители зеленых водорослей — *Chlorella* sp., *K. irregularis*, *A. fusiformis*, коловраток — *B. rubens* и ветвистоусых ракообразных — *M. macroscopa*, *D. magna*.

В зоне поступления загрязнений отмечено сокращение видового богатства, показателей численности и биомассы фито- и зоопланктона. На участках экспериментального пруда, удаленных от источника загрязнений, вследствие снижения содержания неорганических соединений азота структурные характеристики фито- и зоопланктонных комплексов не имели выраженной зависимости от уровня азотного загрязнения. Можно предположить, что формирование сообществ, адаптированных к данным условиям, в значительной степени определяется действием гидрологического, температурного и трофического факторов.

**

Досліджували структуру фіто- і зоопланктону в модельній екосистемі (експериментальний ставок) з екстремально високою концентрацією неорганічних сполук азоту ($N-NH_4^+$ — 60,0—862,9, $N-NO_2^-$ — 0,62—9,88, $N-NO_3^-$ — 24,2—105,9 мг/дм³) у водному середовищі. Фітопланктон представлений систематичними групами Chlorophyta, Bacillariophyta, Euglenophyta, Cyanoprokaryota, за провідної ролі зелених водоростей, зоопланктон — Rotatoria, Cladocera, Copepoda, при домінуванні ротаторно-клагоцерного комплексу. Особливостями структурної організації фіто- і зоопланктону ставка є переважання еврібіонтних видів, невелика кількість домінуючих видів, коливання біомаси в межах відповідно 0,1—5,7 та 0,001—6,4 г/м³. Максимальний рівень біомаси відмічено у представників зелених водоростей — *Chlorella* sp., *Kirchneriella irregularis* (Smith) Korshikov, *Ankistrodesmus fusiformis* Corda, коловертток — *Brachionus rubens* Ehrenberg, гіллястоусих ракоподібних — *Moina macroscopa* Straus, *Daphnia magna* Straus.

**

The structure of phytoplankton and zooplankton in the model ecosystem (experimental pond) with extremely high concentrations of inorganic nitrogen compounds ($N-NH_4^+$ — 60,0—862,9, $N-NO_2^-$ — 0,62—9,88, $N-NO_3^-$ — 24,2—105,9 mg/l) in the water were investigated. Phytoplankton is represented by taxonomic groups Chlorophyta, Bacillariophyta, Euglenophyta, Cyanoprokaryota with the leading role of green algae, zooplankton — Rota-

*toria, Cladocera, Copepoda with the dominance of the complex of rotifers and cladocerans. Features of the structural organization of phytoplankton and zooplankton are predominance of the eurybiontic species, a small number of dominant species, fluctuations of biomass within 0,1—5,7 and 0,001—6,4 g/m³ respectively. The maximum biomass levels were observed in representatives of green algae *Chlorella* sp., *Kirchneriella irregularis* (Smith) Kors-hikov, *Ankistrodesmus fusiformis* Corda, rotifers — *Brachionus rubens* Ehrenberg, cladocerans *Moina macrocopa* Straus, *Daphnia magna* Straus.*

**

1. Боруцкий Е.В. Определитель свободноживущих пресноводных веслоногих раков СССР и сопредельных стран по фрагментам в кишечниках рыб — М.: Изд-во АН СССР, 1960. — 220 с.
2. Булгаков Н.Г., Левич А.П. Биогенные элементы в среде и фитопланктон: соотношение азота и фосфора как самостоятельный фактор регулирования структуры альгоценоза // Успехи совр. биологии. — 1995. — Т. 115, № 1. — С. 13—23.
3. Булгаков Н.Г., Левич А.П., Максимов В.Н. Региональный экологический контроль на основе биотических и абиотических данных мониторинга // Экологический мониторинг. Часть 5. Учебное пособие / Под ред. проф. Д. Б. Гелашвили. — Нижний Новгород: Изд-во Нижегород. ун-та, 2003. — С. 93—259.
4. Гусева К.А. Факторы, обуславливающие развитие фитопланктона в водоеме // Первичная продукция морей и внутренних вод. — Минск, 1961. — С. 301—308.
5. Догадина Т.В., Матвиенко А.М. Влияние аммиака в высоких концентрациях на рост некоторых видов протококковых водорослей и перспектива их использования в очистке аммиачных вод // Науч. докл. высш. шк. Биол. науки. — 1969. — № 3. — С. 81—86.
6. Жадин В.И. Методы гидробиологического исследования. — М.: Высш. шк., 1960. — 190 с.
7. Зилов Е.А., Стом Д.И. Модельные экосистемы и модели экосистем в гидробиологии. — Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1992. — 65 с.
8. Иванова М.Б. Продукция планктонных ракообразных в пресных водах. — Л., 1985. — 222 с.
9. Кутикова Л.А. Коловратки фауны СССР. — Л.: Наука, 1970. — 744 с.
10. Лурье Ю.Ю. Унифицированные методы химического анализа. — М.: Химия, 1973. — 376 с.
11. Мануйлова Е.Ф. Ветвистоусые рачки фауны СССР. — М., Л.: Наука, 1964. — 326 с.
12. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / За ред. В. Д. Романенка. — К.: Логос, 2006. — 408 с.
13. Никаноров А.М., Трофимчук М.М., Сухоруков Б.Л. Методы экспериментальной гидроэкологии: монография. — Ростов-н/Д: НОК, 2012. — 309 с.
14. Романенко О.В., Арсан О.М., Кінніс Л.С. Ситник Ю.М. Екологічні проблеми Київських водойм і прилеглих територій. — К.: Наук. думка, 2015. — 190 с.

15. *Топачевський О.В., Оксіюк О.П.* Діатомові водорості — Bacillariophyta (Diatomeae). — К.: Вид-во АН УРСР, 1960. — 412 с. — (Визначник прісноводних водоростей Укр. РСР. Вип. 11.).
16. *Упитис В.В., Ноллендорф А.Ф., Пакалне Д.С.* Потребность хлореллы в макро- и микроэлементах, диагностика обеспеченности ими // Роль низших организмов в круговороте веществ в замкнутых экологических системах: Материалы X Всесоюз. совещ., Канев, 1979 г. — Киев: Наук. думка, 1979. — С. 212—217.
17. *Царенко П.М.* Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР. — Киев: Наук. думка, 1990. — 208 с.
18. *Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography.* Vol. 1. Cyanoprokaryota, Euglenophyta, Chrysophyta, Xanthophyta, Raphidophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Glaucocystophyta and Rhodophyta / Ed. by P.M. Tsarenko, S.P. Wasser, E. Nevo. — Ruggell: Gantner Verlag K.-G., 2006. — 713 p.
19. *Camargo J.A., Alonso A.* Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: a global assessment // Environ. Intern. — 2006. — Vol. 32. — P. 831—849.
20. *Komárek J., Anagnostidis K.* Cyanoprokaryota. Т. 1. Chroococcales. — Jena, etc.: Gustav Fischer, 1998. — 548 S. — (Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 19/1.).
21. *Smith V.H.* Eutrophication of freshwater and coastal marine ecosystems: a global problem // Environ. Sci. Pollut. Res. Intern. — 2003. — Vol. 10, N 2. — P. 126—139.