

УДК 574.583(282.247.7.05)

**Н. В. Ковалева**<sup>1</sup>, канд. биол. наук, вед. науч. сотр., **Л. Н. Полищук**<sup>2</sup>, канд. биол. наук, ст. науч. сотр., **В. И. Мединец**<sup>1</sup>, канд. физ.-мат. наук, вед. науч. сотр., **Н. В. Дерезюк**<sup>3</sup>, науч. сотр., **Е. И. Газетов**<sup>1</sup>, мл. науч. сотр.

<sup>1</sup>Одесский национальный университет, Центр мониторинга природной среды, Шампанский пер., 2, Одесса, 65058, Украина.

<sup>2</sup>Одесский филиал Института биологии южных морей НАН Украины, ул. Пушкинская, 37, Одесса, 65011, Украина.

<sup>3</sup>Украинский научный центр экологии моря, Французский бул., 89, Одесса, 65009, Украина.

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ СООТНОШЕНИЯ БИОМАСС ФИТО-, БАКТЕРИО- И ЗООПЛАНКТОНА В ПРИДУНАЙСКИХ ОЗЕРАХ ЛЕТОМ 2000 г.

Приведены результаты исследований и оценки запаса биомасс планктонных организмов в пяти озерах украинской части дельты Дуная летом 2000 г. Выявлены интервалы изменения и корреляционные взаимосвязи между фито-, бактерио- и зоопланктоном. Проведен анализ закономерностей соотношения их биомасс, и дана оценка роли фито- и бактериопланктона в формировании запаса органического вещества, служащего пищей зоопланкtonу.

**Ключевые слова:** фитопланктон, бактериопланктон, зоопланктон, биомасса, Придунайские озера

Формирование планктонных сообществ в пресноводных озерах является результатом действия абиотических и биотических факторов, среди которых первостепенное значение имеет наличие питания для каждой группы организмов. Комплекс трофических и метаболических взаимоотношений связывает между собой бактерии, фито- и зоопланктон [1]. Водоросли для своего роста используют биогенные элементы, которые освобождаются в процессе усвоения органического вещества микроорганизмами. При этом органическое вещество, синтезированное водорослями, служит основой для развития бактерий. В свою очередь мелкие водоросли и бактерии являются объектами питания зоопланктона [2]. Энергия, накопленная в организмах фито- и бактериопланктона, предопределяет биологическую продуктивность не только зооценоза, но и всего водоема в целом, включая рыбную продукцию [1]. Для Придунайских озер, используемых в рыбохозяйственных целях, изучение кормовой базы для ихтиофауны и определение закономерностей ее формирования является актуальным и практически неисследованным в последнее десятилетие вопросом.

Целью настоящей работы являлось исследование планктонных организмов различных трофических уровней в Придунайских озерах летом 2000 г. и оценка роли фито- и бактериопланктона в формиро-

вании кормовой базы зоопланктона. Для анализа использовались результаты комплексной экологической экспедиции, проведенной при финансовой поддержке проекта ЕС-Тасис WW SCRE 1/№ 1 в период с 30.06 по 01.07.2000 г.

### Материалы и методы

Пробы фитопланктона, бактериопланктона и зоопланктона были отобраны в озерах: Кагул, Ялпуг, Кугурлуй, Котлабух и Китай. В различных частях каждого водоема, с учетом их экологических особенностей, отбирали по 7 – 8 проб исследуемых объектов. Биомасса бактерий определялась по методике А. Г. Родиной [3] при увеличении 1250 на микроскопе “Olympus”. Средний объем бактериальной клетки в озерах составлял 0,45 – 0,50 мкм<sup>3</sup>, удельная масса принята за 1. Количественная обработка проб зоопланктона производилась по методике И. А. Киселева [3]. Пересчет количественных данных каждого организма на биомассу производился с использованием индивидуальных весов, которые брались из работ М. Л. Пидгайко [2], Я. Я. Цееба [5], Г. В. Парчука [6]. Определение биомассы водорослей осуществлялось счетно-объемным методом. Относительная плотность по воде пресноводных водорослей принималась за 1,00–1,05 [7]. Биомасса рассчитывалась для каждого вида отдельно, а затем суммировалась. Для оценки интервалов изменения биомасс фито-, бактерио- и зоопланктона использовали среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации, который позволяет сравнивать степень варьирования различных параметров [8].

### Результаты и их обсуждение

Средние значения биомасс фито-, бактерио- и зоопланктона в исследованных водоемах приведены в таблице. Анализ суммарной биомассы учтенных организмов планктона показал, что в июне-июле 2000 г. она отличалась более чем в 5 раз, изменяясь от 17,60 мг/л в озере Кагул до 101,41 мг/л в озере Котлабух. При этом плотность и соотношение отдельных компонентов планктона существенно менялось в пределах каждого водоема.

В озере Кагул диапазон изменений суммарной биомассы планктонных организмов составил 4,41 – 33,20 мг/л и динамику этих колебаний определял фитопланктон. Его биомасса и показатели вариации значительно превосходили содержание и вариабельность бактерио- и зоопланктона (рис. 1). Распределение бактерий в акватории озера характеризовалось довольно низкими показателями вариации и не отражало колебаний биомассы других планктонных организмов. В то же время, между фито- и зоопланктоном выявлена значимая корреляционная связь ( $r = 0,75$ ), позволяющая сделать вывод о том, что основным источником питания зоопланктона в данных условиях служит фитопланктон.

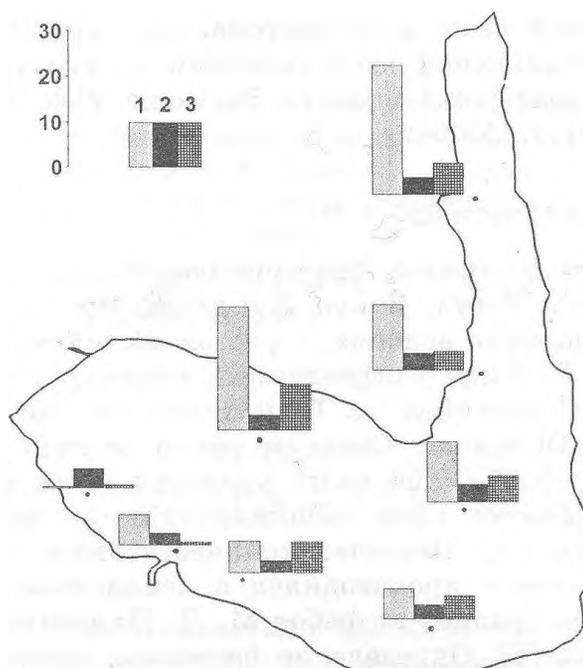


Рис. 1. Распределение биомасс (мг/л) фито- (1), бактерио- (2) и зоопланктона (3) в озере Кагул летом 2000 г.

Таблица  
Средние значения, показатели вариации и соотношение биомасс  
фитопланктона, бактериопланктона и зоопланктона в экосистемах  
Придунайских озер летом 2000 г.

Водоем	Объект исследования	Сырая биомасса, мг/л	Стандартное отклонение, мг/л	Коэффициент вариации, %	Соотношение биомасс, %
Кагул	Фитопланктон	10,62	8,21	77	60
	Бактериопланктон	2,83	0,48	17	16
	Зоопланктон	4,15	2,62	63	24
Ялпуг	Фитопланктон	12,07	7,80	65	66
	Бактериопланктон	3,70	2,14	58	20
	Зоопланктон	2,60	3,88	149	14
Кугурлуй	Фитопланктон	6,03	2,88	48	33
	Бактериопланктон	5,03	2,07	41	27
	Зоопланктон	7,33	7,73	105	40
Котлабух	Фитопланктон	51,10	62,04	121	50
	Бактериопланктон	14,93	1,85	12	15
	Зоопланктон	35,38	37,60	106	35
Китай	Фитопланктон	46,84	18,80	40	64
	Бактериопланктон	14,00	3,94	28	19
	Зоопланктон	12,48	6,69	54	17

В озере Ялпуг суммарная биомасса фито-, бактерио- и зоопланктона изменялась в пределах 5,41 – 31,37 мг/л и в среднем была на 4 % выше, чем в озере Кагул. Вместе с тем, взаимосвязи и соотношение компонентов планктонного биоценоза в этих озерах существенно отличались. В планктоне озера Ялпуг значительно меньшей была доля зоопланктона и выше составляющие части фито- и бактериопланктона (табл.). Содержание фитопланктона на южном участке водоема достигало 83 – 89 % от суммарной массы планктона и в этих условиях концентрация зоопланктона резко понижалась (рис. 2). Имеются указания о том, что интенсивное развитие фитопланктона в озерах часто не сопровождается повышением биомассы бактерио- и зоопланктона и это явление связывают с отрицательным влиянием сине-зеленых водорослей, а также избирательностью питания организмов зооценоза. [2]. В данной ситуации возрастает роль бактерий как источника пищи, что подтверждается тесной корреляционной связью ( $r = 0,96$ ) между бактериями и зоопланктоном в озере Ялпуг.

Озеро Кугурлуй характеризовалось одинаковой с озером Ялпуг плотностью организмов фито-, бактерио- и зоопланктона (18,4 мг/л), а также близкими по значению коэффициентами вариации этих параметров (табл.). Вместе с тем, характерной особенностью водоема являлось низкое содержание фитопланктона (33 % от суммарной массы) и самая высокая составляющая часть зоопланктона (40 %), превышающая количественные характеристики микроводорослей (рис. 2). В сложившихся условиях, фитопланктон не может обеспечить питанием организмы зооценоза и, следовательно, значительную долю рациона последних должны составлять бактерии и детрит. Эти компоненты экосистемы, как показано ранее [9,10], играют важную роль в питании планктонных ракообразных.

Составляющая часть бактерий на отдельных участках озера Кугурлуй достигала 40 – 50 % от суммарной массы планктона. Подтверждением трофических взаимоотношений зоопланктона с бактериями является корреляционная связь между ними ( $r = 0,67$ ).

В озере Котлабух суммарная биомасса фито-, бактерио- и зоопланктона колебалась в пределах 36,3-209,8 мг/л и в среднем превышала массу планктона в озерах Кагул, Ялпуг и Кугурлуй в 5,5 раз (табл.). Максимальное развитие имели все исследованные компоненты планктона. Однако, соотношение биомасс зоо- и фитопланктона составляло 1:1,4 и, следовательно, последний не мог удовлетворить пищевые потребности организмов зооценоза. Примечательно, что колебания биомасс зоо- и фитопланктона имели тенденцию к отрицательной корреляционной зависимости ( $r = -0,31$ ). В районах максимального развития фитопланктона плотность зоопланктона была в 2,7 раза ниже средней по водоему (рис. 3). Вместе с этим, зоопланктон и бактерии проявляли тенденцию к синхронному изменению их биомасс ( $r = 0,24$ ). Учитывая высокие репродуктивные способности бактерий, биомасса последних может служить существенной частью рациона зоопланктона.

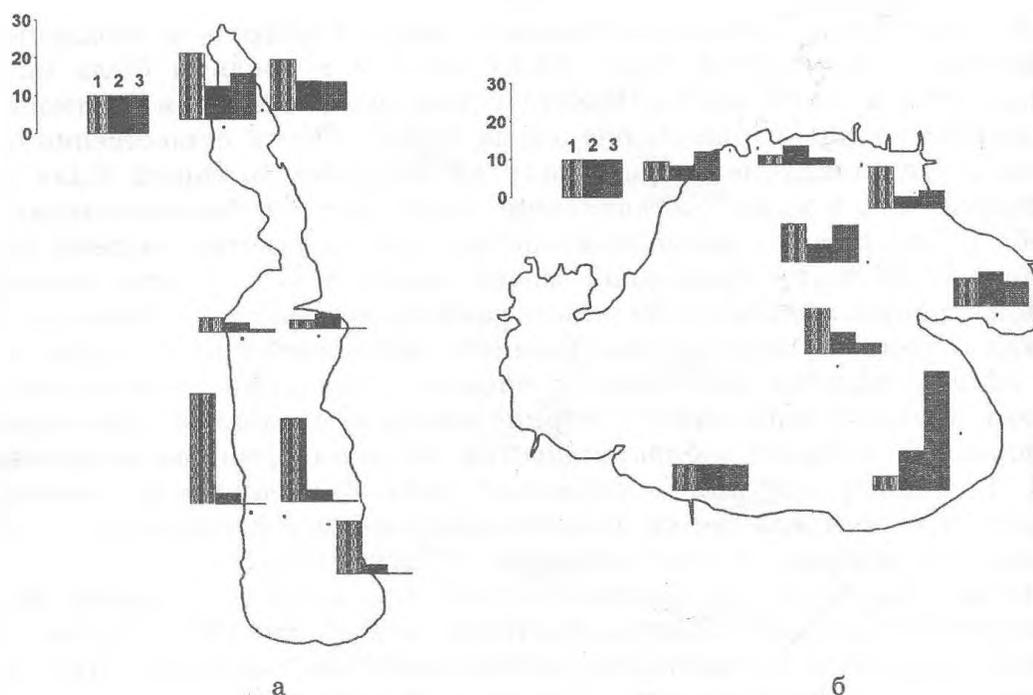


Рис. 2. Распределение биомасс (мг/л) фито- (1), бактерио- (2) и зоопланктона (3) в озерах Ялпуг (а) и Кугурлуй (б) летом 2000 г.

Озеро Китай характеризовалось диапазоном изменений суммарной биомассы планктонных организмов 47,68 – 104,60 мг/л и в среднем приближалось к уровню развития планктона в озере Котлабух (рис. 3). Однако, отличительной чертой его являлось пониженное содержание зоопланктона при более высокой составляющей доле фитопланктона.

Таким образом, анализ соотношения биомасс фито-, бактерио- и зоопланктона показал, что структура планктонного биоценоза в исследованных озерах летом 2000 г. существенно различалась. В озерах Кагул, Ялпуг и Китай наибольшую часть суммарной массы планктонного сообщества составлял фитопланктон (60 – 66 %), который превышал биомассу зоопланктона в 2,6 – 4,6 раза, а биомассу бактерий в 3,3 – 3,7 раза. Для озера Кугурлуй характерно интенсивное развитие зоопланктона (40 %), который вместе с бактериопланктоном (27 %) превысил биомассу фитопланктона в 2 раза. В озере Котлабух зарегистрированы равные значения биомасс консументов (зоопланктон, бактериопланктон) и продуцентов (фитопланктон). В последних двух озерах зоопланктону, помимо фитомассы, необходимы дополнительные источники питания, которыми могут быть детрит и бактерии, находящиеся у основания детритной пищевой цепи. В планктоне Придунайских озер бактерии составляли от 15 % до 27 % суммарной биомассы, причем в озерах Ялпуг и Китай их содержание превышало массу зоопланктона. Полученные результаты позволяют сделать заключение, что в исследованных озерах значительная часть запасов исходного органического вещества, служащего основой трофики водоема, форми-

руется в детритной пищевой цепи и бактерии наряду с фитопланктоном определяют запас пищи для зоопланктона.

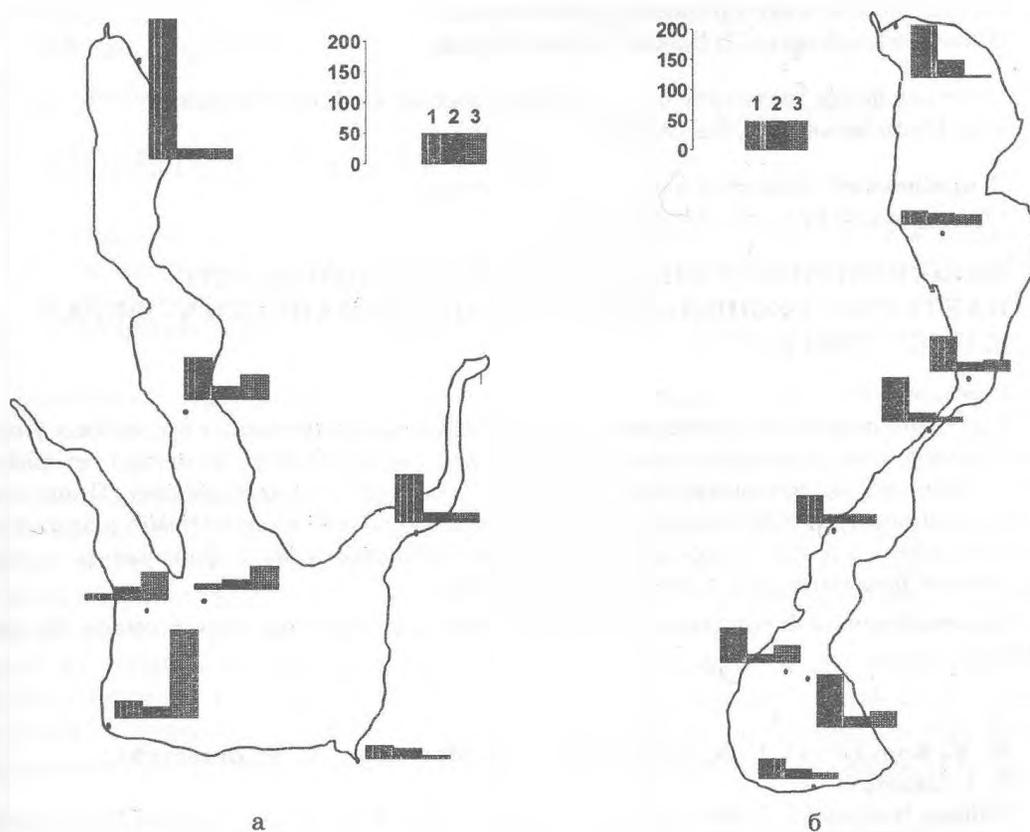


Рис. 3. Распределение биомасс (мг/л) фито- (1), бактерио- (2) и зоопланктона (3) в озерах Котлабух (а) и Китай (б) летом 2000 г.

### Литература

1. Винберг Г. Г. Итоги исследования пресноводных сообществ всех трофических уровней // Ресурсы биосферы. — 1976. — Вып.2. — С. 145 – 157.
2. Пидгайко М. Л. Зоопланктон придунайских водоемов. — Киев: Издательство АН Украинской ССР, 1957. — 99 с.
3. Родина А. Г. Методы водной микробиологии. — М.-Л.: Наука, 1965. — 360 с.
4. Киселев И. А. Планктон морей и континентальных водоемов. — Ленинград: Наука, 1969. — Т. 1. — 258 с.
5. Парчук Г. В. Зоопланктон/ Гидроэкология украинского участка Дуная и сопредельных водоемов. — Киев: Наук. думка, 1993. — С. 149 – 152.
6. Цееб Я. Я. Зоопланктон советского участка Дуная// Труды Института гидробиологии АН УССР. — 1961., — № 36. — С. 103 – 127.
7. Водоросли. Справочник / Вассер С. П., Кондратьева Н. В., Масюк Н. П. и др. — Киев: Наук. думка, 1989. — 608 с.
8. Бейли Н. Статистические методы в биологии. - М.: Иностранная литература, 1962. — 260 с.
9. Родина А. Г. Роль бактерий и дрожжевых грибов в питании кладоцер // Труды Зоол.ин-та АН ССР. — 1948. — Т. VIII, Вып.2. — С.585.
10. Суценья Л. М. Количественные закономерности питания ракообразных. Минск: Высшая школа, 1975. — 202 с.

**Н. В. Ковальова<sup>1</sup>, Л. Н. Полищук<sup>2</sup>, В. І. Медінець<sup>1</sup>, Н. В. Дерезюк<sup>3</sup>,  
Є. І. Газетов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова,  
Центр моніторингу природного середовища,  
Шампанський пров., 2, Одеса, 65058, Україна

<sup>2</sup>Одеська філія Інституту біології південних морів НАН України,  
вул. Пушкінська, 37, Одеса, 65011, Україна

<sup>3</sup>Український науковий центр екології моря,  
Французький бул., 89, 65009, Україна

### **ЗАКОНОМІРНОСТІ СПІВВІДНОШЕННЯ БІОМАС ФІТО-, БАКТЕРІО- І ЗООПЛАНКТОНУ В ПРИДУНАЙСЬКИХ ОЗЕРАХ ВЛІТКУ 2000 Р.**

#### **Резюме**

Наведено результати досліджень і оцінки біомас планктонних організмів у п'ятьох озерах української частини дельти Дунаю влітку 2000 р. Виявлені інтервали змін і кореляційні взаємозв'язки біомас фіто-, бактеріо- і зоопланктону. Проведено аналіз закономірностей співвідношення біомас планктонних організмів різних трофічних рівнів і дана оцінка ролі фіто- і бактеріопланктону в формуванні запасу органічної речовини, яка є їжею зоопланктону.

**Ключові слова:** фітопланктон, бактеріопланктон, зоопланктон, біомаса, Придунайські озера.

**N. V. Kovalyova<sup>1</sup>, L. N. Polischuk<sup>2</sup>, V. I. Medinets<sup>1</sup>, N. V. Derezyuk<sup>3</sup>,  
E. I. Gazetov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Odessa National I. I. Mechnikov University, Centre for Environmental Monitoring,  
2, Shampanskiy Str., Odessa, 65058, Ukraine

<sup>2</sup>Odessa Branch of Institute of Southern Seas of National Academy of Sciences,  
37, Pushkinskaya Str, Odessa, 65011, Ukraine

<sup>3</sup>Ukrainian Scientific Centre of the Ecology of Sea,  
89, Frantsuzskiy Blvd, Odessa, 65009, Ukraine

### **REGULARITIES OF RATIO OF PHYTO-, BACTERIO- AND ZOOPLANKTON BIOMASSES IN THE LOWER DANUBE LAKES IN SUMMER 2000**

#### **Summary**

Some results of investigation and assessment of planktonic organisms' biomass are given for the five lakes of Ukrainian Danube Delta in summer 2000. Intervals between changes and correlative interrelations between phyto-, bacterio- and zooplankton biomass are discovered.

Analysis of regularities in the interrelations between planktonic organisms' biomass of different trophic levels is done and the role of phyto- and bacterioplankton in organic matter store forming which is the forage base for zooplankton is assessed.

**Key words:** phytoplankton, bacterioplankton, zooplankton, biomass, Lower Danube Lakes