

13. *Metallothioneins* in aquatic invertebrates: Their role in metal detoxification and their use as biomarkers / J. C. Amiard, C. Amiard-Triquet, S. Barka [et al.] // *Aquatic Toxicology*. – 2006. – Vol. 76. – P. 160–202.
14. *Metallothioneins* in terrestrial invertebrates: structural aspects, biological significance and implications for their use as biomarkers / R. Dallinger, B. Berger, C. Gruber [et al.] // *Cell. Mol. Biol.* – 2000. – Vol. 46, N 2. – P. 331–346.
15. *Multi-biomarkers* approach in different organs of *Anodonta cygnea* from the Dnister basin (Ukraine) / H.I. Falfushynska, L. Delahaut, O.B. Stolyar [et al.] // *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* – 2009. – Vol. 57, N 1. – P. 86–95.

Л.Л. Гнатышина¹, Г.И. Фальфушинская, А. П. Голубев², Р. Даллингер³, Я. Ёйори⁴, О.Б. Столяр¹

¹Тернопольский национальный педагогический университет им. В. Гнатюка, Тернополь, Украина

²Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова, Минск, Республика Беларусь

³Университет Инсбрука, Отдел Зоологии и Экофизиологии, Инсбрук, Австрия

⁴Лимнологичний научний інститут Балатона, Тихани, Венгрия

МЕТАЛЛ-ДЕПОНУЮЩАЯ И АНТИОКСИДАНТНАЯ ФУНКЦИИ

МЕТАЛЛОТИОНЕИНОВ ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА *DREISSENA POLYMORPHA* В УСЛОВИЯХ ЕСТЕСТВЕННЫХ ВОДОЕМОВ

Выделены металлотиионеины пищеварительной железы двустворчатого моллюска дрейссены *Dreissena polymorpha* из относительно чистого и загрязненного водоемов. Показано более высокую степень гетерогенности, более низкую металл-депонирующую способность и повышенный уровень тиолов в металлотиионеинах дрейссены из загрязненной местности, что может обеспечивать компенсаторный эффект в антиоксидантной защите в ткани при угнетение функции супероксиддисмутазы и глутатиона.

Ключевые слова: металлотиионеины, дрейссена, антиоксидантная защита, естественный водоем

L. L. Gnatyshyna¹, H. I. Falfushynska¹, A. P. Golubev², R. Dallinger³, J. Jiory⁴, O. B. Stolyar¹

¹ Ternopil National Volodymir Hnatiuk Pedagogical University, Ternopil, Ukraine

² International state ecological university of the name of A.D. Sakharov, Minsk, Republic of Byelorussia

³ University of Innsbruck, Department of Zoology / Ekophyziologi, Innsbruck, Austria

⁴ Limnology scientific institute of Balaton, Tikhani, Hungary

METAL-BINDING AND ANTIOXIDATIVE FUNCTIONS OF METALLOTHIONEINS IN BIVALVE MOLLUSK *DREISSENA POLYMORPHA* FROM FIELD WATER BODIES

The metallothioneins from the digestive gland of bivalve mollusk zebra mussel *Dreissena polymorpha* inhabiting comparatively clean and polluted aquatic sites were separated. Higher rate of the heterogeneity, lower metal-binding ability and higher level of thiols was shown for the metallothionein of mussels from polluted site that might compensate the lack of the function of the superoxide dismutase and glutathione.

Key words: metallothioneins, dreissena, antioxidative defense, field aquatic body

УДК 574.5(28) : 574.583 + 57.047

Т.В. ГОЛОВКО, В.М. ЯКУШИН, Н.И. ТРОНЬКО, К.П. КАЛЕНИЧЕНКО,

Л.И. БАГНЮК

Институт гидробиологии НАН Украины

пр-т Героев Сталинграда, 12, Киев 04210

БАКТЕРИОПЛАНКТОН КИЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И ЕГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС

Осуществлен ретроспективный анализ формирования микробиологического режима Киевского водохранилища и потока энергии через бактериопланктон. Изучены его структурно-функциональные показатели на современном этапе. Установлен циклический характер многолетней динамики развития планктонных бактерий, что, очевидно, связано с флуктуациями природных абиотических и биотических факторов, влияющих на функционирование экосистемы водохранилища.

Ключевые слова: бактериопланктон, продукция, сукцессия, энергетический баланс

Микробиологические исследования в Киевском водохранилище в полном объеме проводились в конце 1960-х годов [1]. В это же время, был рассчитан биотический баланс водохранилища, важной и необходимой составляющей которого являлся расчет потока энергии через бактериопланктон (БП). За прошедшие более 40 лет произошло становление гидрологического режима каскада днепровских водохранилищ. С учетом этого, а также климатических изменений, которые приобрели глобальный характер, представляло интерес изучить современное состояние БП Киевского водохранилища и провести ретроспективный анализ формирования его микробиологического режима.

Материал и методы исследований

В работе обобщены результаты трехлетних (летняя межень 2007–2009 гг.) исследований Киевского водохранилища по стандартной сетке станций, включавших определение уровня развития, интенсивности размножения, продукции и составляющих энергетического баланса планктонных бактерий. Осуществлен также сравнительный анализ современных величин исследованных микробиологических показателей с ретроспективными данными. В работе были использованы общепринятые в водной микробиологии методы [1, 3].

Результаты исследований и их обсуждение

Общая численность БП и его биомасса в период исследований отличались монотонностью распределения их величин по акватории и горизонтам водной толщи водохранилища (табл. 1). Достоверным является только своеобразие развития БП в различных фитоценозах. Общее содержание бактерий в зарослях тростника, как правило, было несколько выше, чем в рдесте, но ниже, чем в зарослях кубышки.

Таблица 1

Структурные показатели бактериопланктона в Киевском водохранилище в июле

Участок, горизонт	t°C	ОЧБ	В	СБ	К·10 ³
2007					
Глубоководье: поверхностный	24,5	1,53	0,64	0,49	3,1
придонный	23,0	1,41	0,65	2,61	0,6
Мелководье	23,2	1,84	0,91	2,30	0,8
В среднем по водохранилищу	23,5	1,66	0,79	1,92	0,9
2008					
Глубоководье, поверхностный	24,2	2,33	0,98	1,91	1,2
Мелководье	24,1	2,58	1,24	1,59	2,0
В среднем по водохранилищу	24,1	2,43	1,11	1,75	1,4
2009					
Глубоководье: поверхностный	23,1	1,81	0,91	0,88	1,5
придонный	22,5	1,57	0,81	0,26	6,0
Мелководье	22,3	1,36	0,68	1,62	0,8
В среднем по водохранилищу	22,8	1,58	0,80	0,92	1,7

Примечания: ОЧБ – общая численность бактерий, млн. кл/мл; В – биомасса, мг/л; СБ – сапрофитные бактерии, тыс. кл/мл; К·10³ – коэффициент бактериальной сукцессии

Анализ имеющихся в литературе данных [1, 2, 4] показал, что, начиная с конца 70-х гг., в течение последующего десятилетия происходило устойчивое снижение общего содержания БП (рис. 1). В настоящее время общая численность планктонных бактерий находится на уровне средних значений данного показателя конца 80-х гг. (1,8 млн. кл/мл) и колеблется в последние годы в пределах стандартного отклонения ($\sigma = \pm 0,47$). Поскольку существенной антропогенной нагрузки на водохранилище не наблюдается, такую динамику развития БП можно рассматривать как естественную флуктуацию уровня его развития, связанную с природными биотическими и абиотическими факторами.

Содержание сапрофитных бактерий в течение периода исследований изменялось по годам и акватории водохранилища в широких пределах (0,11–9,40 тыс. кл/мл). Отмечена тенденция к уменьшению количества бактерий – деструкторов подвижного органического вещества – от первого года настоящих исследований к последнему. Экстремально большие значения величины данного показателя отмечены в 2007 г. в районе Глебовского залива (8,28 тыс. кл/мл), в 2008–2009 гг. – в районе Сухолучья (9,40 тыс. кл/мл и 4,68 тыс. кл/мл соответственно). Различия между

количеством сапрофитных бактерий на поверхности и у дна, а также в глубоководных и мелководных участках были существенными, причем их характер менялся из года в год. Содержание указанных бактерий увеличивалось на участках, заросших погруженными растениями, и уменьшалось на чистоводье. Четких закономерностей в многолетней динамике сапрофитных бактерий установить не удалось в связи с отсутствием в литературе достаточного количества данных. Можно отметить только, что в настоящий период (по усредненным данным) уровень развития сапрофитных бактерий увеличился относительно конца 80-х гг. в 3,5 раза, составляя 1,53 тыс. кл/мл.

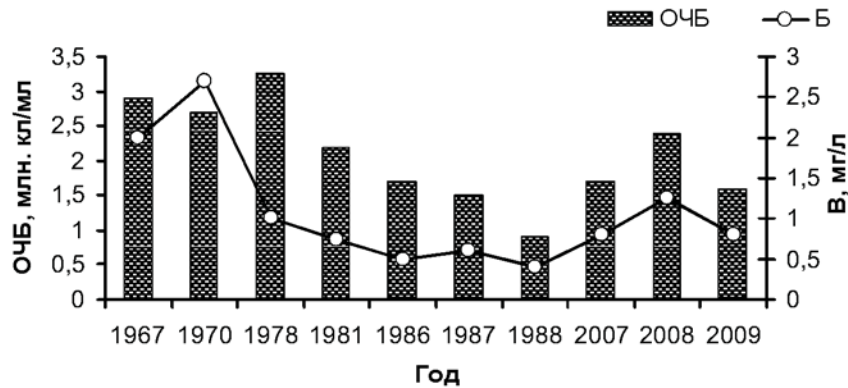


Рис. 1. Многолетняя динамика развития бактериопланктона в Киевском водохранилище (обозначения как в табл. 1)

По отношению общего числа бактерий к отдельным группам, активно потребляющим субстрат (в нашем случае к сапрофитным бактериям), можно судить о характере формирования бактериального сообщества в водоеме. Многолетняя динамика данного показателя, именуемого коэффициентом бактериальной сукцессии $K \cdot 10^3$, носит циклический характер, очевидно, вследствие формирования в водохранилище и особенно на мелководьях, занимающих значительную его часть, сообществ импульсной стабильности, находящихся на промежуточной стадии между молодостью и зрелостью.

Репродуктивная активность планктонных бактерий, оцениваемая по константе скорости роста (K_t , сут.⁻¹), соответствовала таковой в мезотрофных водоемах (табл. 2). В среднем по водохранилищу значения K_t увеличивались в ряду исследованных лет от 0,209 сут.⁻¹ до 0,555 сут.⁻¹

Таблица 2

Продукционные показатели бактериопланктона в Киевском водохранилище в июле

Участок, горизонт	t°C	K_t , сут. ⁻¹	P, мг/л в сутки	G, мг/л в сутки	G/(B+P), %
2007.					
Глубоководье, поверхностный	24,5	0,209	0,16	0	0
2008.					
Глубоководье, поверхностный	24,2	0,320	0,29	0,25	15
Мелководье	24,1	0,344	0,50	0,43	24
В среднем по водохранилищу	24,1	2,330	0,39	0,34	19
2009					
Глубоководье: поверхностный	23,1	0,490	0,51	0,45	34
придонный	22,5	0,751	0,93	0,57	33
В среднем по водохранилищу	22,8	0,555	0,62	0,46	132

Примечания: K_t – константа скорости роста; P – продукция; G – потребление бактерий зоопланктоном.

Анализ ретроспективных и последних данных динамики изменения скорости размножения БП позволяет с большой долей уверенности говорить о цикличности его развития. В настоящий момент функциональная активность планктонных бактерий находится на начальной стадии цикла и в дальнейшем следует ожидать роста объема и темпа их продуцирования.

Потребление БП зоопланктоном к 2009 г. значительно увеличилось, достигая оптимального для развития бактериальной популяции 30% уровня. Отмеченная нами ранее в других водоемах связь скорости размножения БП с его выеданием получила подтверждение при анализе многолетних изменений этих показателей (рис. 2).

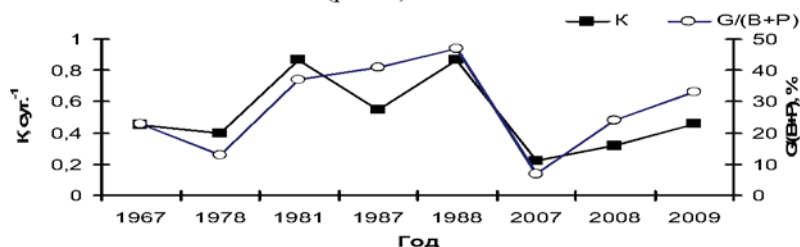


Рис. 2. Связь интенсивности размножения бактериопланктона (K, сут.⁻¹) с его удельным выеданием (G/(B+P), %)

Продукционные исследования позволили рассчитать величины составляющих энергетического баланса БП и определить долю каждой из них в потоке энергии через бактериальное звено планктона (табл. 3).

Таблица 3

Составляющие энергетического баланса бактериопланктона

Год	t°C	A, ккал/м ³	R, ккал/м ³	P, ккал/м ³	G, ккал/м ³	M, ккал/м ³
1967	22,2	3,89	3,40	0,49	0,70	0
1970	21,9	5,12	4,41	0,71	0,39	0,32
1978	20,7	2,46	1,72	0,74	0,83	0
1981	23,5	5,51	4,97	0,54	0,45	0,09
1987	22,9	4,05	3,61	0,44	0,41	0,03
1988	25,4	2,59	2,15	0,44	0,37	0,07
2007	23,5	1,32	1,12	0,20	0,06	0,14
2008	24,1	2,20	1,78	0,42	0,36	0,06
2009	22,8	3,86	3,24	0,62	0,45	0,17

Примечания: А – ассимилированная энергия; R – дыхание, M – отмирание.

Большая часть ассимилированной бактериями энергии (81–85%) рассеивается в процессе дыхания, 15–19% ее расходуется на конструктивный обмен и только 5–16% переходит на следующий трофический уровень. Величины отношения продукции к дыханию (коэффициент P/R) свидетельствуют о невысоком уровне продуктивности БП в Киевском водохранилище как в 80-е гг., так и на современном этапе (табл. 4).

Таблица 4

Поток энергии через бактериопланктон

Год	R/A, %	P/A, %	G/A, %	M/A, %	P/R	B/A
1967	87	13	18	0	1,13	0,65
1970	86	14	8	6	0,16	0,44
1978	70	30	34	0	0,43	0,45
1981	90	10	8	2	0,11	0,13
1987	89	11	10	1	0,12	0,14
1988	83	17	14	3	0,17	0,14
2007	85	15	5	11	0,15	0,60
2008	81	19	16	3	0,19	0,50
2009	84	16	12	4	0,16	0,20

По динамике коэффициента B/A (биомасса, поддерживаемая единицей потока энергии) можно судить о направленности экологической сукцессии БП. По нашим и ретроспективным данным этот показатель плавно изменяется от высоких значений, свойственных зрелым экосистемам, к низким, характерных экосистемам, находящимся на стадии развития. В настоящее время намечается тенденция к снижению данного показателя, что может свидетельствовать об омоложении экосистемы водохранилища в целом (рис. 3).

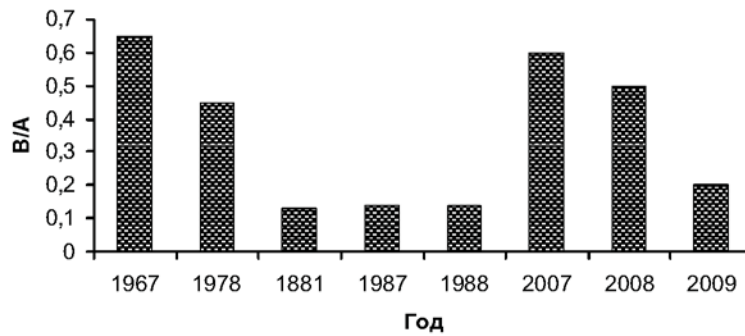


Рис. 3. Этапы сукцессии бактериопланктона в Киевском водохранилище

Выводы

Бактериопланктон Киевского водохранилища, начиная с периода стабилизации его микробиологического режима (начало 80-х гг. XX ст.), характеризуется выраженной цикличностью развития, что, очевидно, связано с влиянием природных абиотических и биотических факторов на функционирование экосистемы водохранилища.

1. Гак Д.З. Бактериопланктон и его роль в биологической продуктивности водохранилищ / Д.З. Гак. – М.: Наука, 1975. – 254 с.
2. Головка Т.В. Бактериопланктон и его трофическая роль в мезотрофном водоеме: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Т.В. Головка. – К., 1984. – 25 с.
3. Иванов М.В. Метод определения продукции бактериальной биомассы в водоеме / М.В. Иванов // Микробиология. – 1995. – Т. 24, № 1. – С. 79.
4. Михайленко Л.Е. Бактериопланктон днепровских водохранилищ / Л.Е. Михайленко. – К.: Наук. думка, 1999. – 298 с.

Т.В. Головка, В.М. Якушин, Н.І. Тронько, К.П. Каленыченко, Л.І. Багнюк
 Інститут гідробіології НАН України, Київ

БАКТЕРІОПЛАНКТОН КИЇВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА І ЙОГО ЕНЕРГЕТИЧНИЙ БАЛАНС

Здійснено ретроспективний аналіз формування мікробіологічного режиму Київського водосховища й потоку енергії через бактериопланктон. Досліджені його структурно-функціональні показники на сучасному етапі. Встановлено циклічний характер багаторічної динаміки розвитку планктонних бактерій, що, очевидно, пов'язано з мінливістю природних абиотичних і біотичних чинників, які впливають на функціонування екосистеми водосховища.

Ключові слова: бактериопланктон, продукція, сукцесія, енергетичний баланс

T.V. Golovko V.M. Yakushin, N.I. Tron'ko, K.P. Kalenichenko, L.I. Bahnyuk
 Institute hydrobiology of NAS of Ukraine, Kyiv

BAKTERIOPLANKTON OF KYIV WATER RESERVOIR'S KYIV AND HIM ENERGETIC BALANCE

The paper deals with retrospective analysis of the Kyiv water reservoir's microbiological regime and energy flow via bacterioplankton. Its structural and functional characteristics at the present stage of development have been studied. The yearly dynamics of planktonic bacteria development proves to be of cyclic pattern, which is evidently related to variability of natural abiotic and biotic factors, making impact upon the water-reservoir ecosystem functioning.

Key words: bacterioplankton, production, succession, energetic balance