

УДК [581.526.325:574.5] (282.247.32)

О.П. ОКСИЮК, О.А. ДАВЫДОВ, Г.В. МЕЛЕНЧУК

Ин-т гидробиологии НАН Украины,  
Украина, 04210 Киев, просп. Героев Сталинграда, 12**ФОРМИРОВАНИЕ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ  
ФИТОПЛАНКТОНА НА РЕЧНЫХ УЧАСТКАХ ДНЕПРОВСКИХ  
ВОДОХРАНИЛИЩ**

Рассмотрены особенности формирования видовой разнообразия фитопланктона на речных участках днепровских водохранилищ под влиянием специфического гидрологического режима этих участков. На примере Каневского водохранилища показано, что число видов по трассе речного участка сокращается из-за резких в течение суток колебаний скорости течения вследствие пикового режима работы расположенной выше ГЭС. Вместе с тем инициированные таким режимом работы ГЭС колебания уровня воды способствуют увеличению видовой богатства фитопланктона основного русла за счет поступления водорослей из водных объектов придаточной сети. Выравненность, оцениваемая индексом видовой разнообразия (по Шеннону), в фитопланктоне основного русла и придаточных водоемов колебалась в широких пределах в зависимости от числа видов и степени их доминирования.

*Ключевые слова:* фитопланктон, гидрологический режим, видовое разнообразие, водообмен.

**Введение**

Речные участки днепровских водохранилищ представляют собой своеобразный тип водных экосистем, которому свойственны специфические морфометрические и гидрологические черты. Они являются сложными системами, в состав которых входят находящиеся во взаимодействии разнотипные водные объекты: основное русло, старицы, протоки, рукава, заливы, пойменные водоемы и т.п.

Гидрологический режим речных участков внутрикаскадных водохранилищ находится под непосредственным воздействием режима работы расположенной выше гидроэлектростанции (Киевская ГЭС), в частности объемов и графика пуско-выпускной воды. Днепровские ГЭС большую часть года, как правило, работают в пиковом режиме с двумя в течение суток циклами пуско-выпускной воды (Денисова и др., 1989). Поэтому гидрологический режим речных участков днепровских водохранилищ отличается постоянными внутрисуточными колебаниями уровня и скорости течения воды. Скоростной режим на этих участках характеризуется чередованием периодов очень слабой проточности – 0,05 м/с и высоких скоростей течения – 1 м/с и более. Такой импульсный гидрологический режим оказывает сильное воздействие на видовое разнообразие фитопланктона.

Другим важным фактором, влияющим на разнообразие фитопланктона на речных участках днепровских водохранилищ, является водообмен между элементами их экосистем, в частности – основного русла и водных объектов придаточной сети.

© О.П. Оксьюк, О.А. Давыдов, Г.В. Меленчук, 2005

Цель работы – дать характеристику видовой разнообразия фитопланктона в специфических условиях речных участков днепровских водохранилищ.

### Материалы и методы

Речной участок Каневского водохранилища может служить модельным объектом, отражающим особенности, свойственные данному типу водных экосистем (Тимченко, Дубняк, 2000). Материалом послужил анализ видовой разнообразия водорослей в пробах фитопланктона, отобранных в 1999-2001 гг. Разнообразие характеризуется двумя показателями: числом видов и выравненностью (Протасов, 2002). Выравненность оценивали с помощью индекса видовой разнообразия по Шеннону (Одум, 1975). Коэффициент флористической общности рассчитывали по Серенсену (Василевич, 1969).

### Результаты и их обсуждение

Основное русло. В начале речного участка Каневского водохранилища в нижнем бьефе Киевской ГЭС водоросли в планктоне представлены весьма разнообразно. Число видов достаточно велико; среди них в значительном количестве встречаются *Cyanophyta*, *Bacillariophyta* и *Chlorophyta* (особенно хлорококковые) водоросли. В верхней части речного участка Каневского водохранилища на первых десяти километрах оно сохраняется примерно на одном уровне, чему способствует поступление планктонных водорослей из Десны, которая впадает в водохранилище на расстоянии 6 км ниже Киевской ГЭС.

Дальше по трассе число видов водорослей в планктоне закономерно уменьшается. В средней части данного участка видовое богатство фитопланктона сокращается более чем на треть, а к концу участка (43-й км) – в 2,5 раза. Так, например, в начале августа 2001 г. в нижнем бьефе Киевской ГЭС в фитопланктоне насчитывалось 33 вида, у Московского моста – 36, на отрезке мост метро – о. Жуков – 20-24 вида, а на 43-м км всего 14 видов водорослей. Количество видов в фитопланктоне в нижнем бьефе Киевской ГЭС было выше, чем в верхнем бьефе в Киевском водохранилище – 33 и 26 видов соответственно.

Главным фактором, который вызывает уменьшение числа видов водорослей в планктоне основного русла речных участков днепровских водохранилищ, в частности Каневского, являются резкие колебания скорости течения воды на протяжении суток, обусловленные пиковым режимом работы ГЭС. В течение суток во время максимальных дневных и вечерних пусков скорости течения могут достигать величин, отрицательно воздействующих на фитопланктон.

Установлено, что лимитирующие скорости течения воды для планктонных *Bacillariophyta* составляют 0,7, *Chlorophyta* (хлорококковых) – 0,5, *Cyanophyta*, вызывающих "цветение" воды – 0,2 м/с; критические скорости течения для этих водорослей – 2,0; 1,5 и 0,6 м/с соответственно (Романенко и др., 1990). Величины среднесуточных пусков Киевской ГЭС, при которых наблюдаются указанные выше значения скоростей течения на речном участке Каневского водохранилища, приведены в табл. 1. Выравненность видовой состава фитопланктона на речных участках днепровских водохранилищ зависит от степени выраженности доминирования отдельных видов водорослей, обычно планктонных диатомовых, реже синезеленых.

Летом 1999 г. на речном участке Каневского водохранилища в фитопланктоне было хорошо выражено доминирование *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim., а

также *Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) Bréb. и *Microcystis aeruginosa* Kütz. emend. Elenk. В нижнем бьефе Киевской ГЭС величины индекса Шеннона колебались от 1,23 до 2,73 (в среднем 1,88), иногда снижаясь до 0,51, а на 11,5 км ниже по течению — от 0,84 до 2,94 (в среднем 1,80), иногда 0,39 бит/мг (табл. 2).

Таблица 1. Среднесуточные попуски Киевской ГЭС, при которых могут отмечаться скорости течения, воздействующие отрицательно на вегетацию планктонных водорослей на речном участке Каневского водохранилища

Таксон	Попуски (м <sup>3</sup> /с), при которых возникают скорости течения	
	лимитирующие	критические
<i>Bacillariophyta</i>	> 500	отсутствуют
<i>Chlorophyta</i> (хлорококковые)	> 300	отсутствуют
<i>Cyanophyta</i> , вызывающие "цветение" воды	> 100	> 400

Таблица 2. Число видов и индекс видового разнообразия фитопланктона в основном русле речного участка Каневского водохранилища в июле 1999 г.

Дата	Время	Попуск Киевской ГЭС, м <sup>3</sup> /с	Колебания уровня воды, см	Число видов, ед.	Индекс Шеннона, бит/мг	
Нижний бьеф Киевской ГЭС						
27.07.99 г.	8 <sup>00</sup>	0	34	11	2,01	
	10 <sup>00</sup>	2645	90	12	2,25	
	12 <sup>00</sup>	527	76	13	2,73	
	14 <sup>00</sup>	0	60	11	1,23	
	16 <sup>00</sup>	0	44	15	2,36	
	18 <sup>00</sup>	0	37	12	2,24	
	20 <sup>00</sup>	2599	32	9	2,11	
	22 <sup>00</sup>	1591	70	9	1,45	
28.07.99 г.	24 <sup>00</sup>	0	44	7	1,24	
	2 <sup>00</sup>	0	36	18	1,96	
	2 <sup>00</sup>	0	31	10	0,51	
	4 <sup>00</sup>	0	30	15	2,51	
	8 <sup>00</sup>	0	29	10	1,82	
11,5 км ниже ГЭС						
29.07.99 г.	2	10 <sup>00</sup>	2072	72	11	2,13
		12 <sup>00</sup>	1052	64	19	2,05
		14 <sup>00</sup>	521	52	18	2,94
		16 <sup>00</sup>	0	32	22	2,65
		18 <sup>00</sup>	505	32	12	2,96
		20 <sup>00</sup>	1014	40	3	0,39
		22 <sup>00</sup>	2585	72	7	1,26
		24 <sup>00</sup>	0	40	5	0,84
30.07.99 г.	3	4 <sup>00</sup>	0	28	4	1,41
		6 <sup>00</sup>	0	24	5	2,08
		8 <sup>00</sup>	0	24	6	1,09

Летом 2001 г., когда численность и биомасса фитопланктона на данном участке были сравнительно невелики и в начале участка доминанты были выражены слабо, выравненность характеризовалась более высокими величинами индекса Шеннона (табл. 3). В нижнем бьефе Киевской ГЭС его значения составляли 1,44 – 3,50 (в среднем 2,30) бит/мг. По длине речного участка величина индекса снижалась. На 11,5 км ниже ГЭС она колебалась в широких пределах – 0,33–2,58 (в среднем 1,67), а в конце участка – 0,74–3,02 (в среднем 1,84) бит/мг.

Одним из основных факторов, влияющих на формирование видового разнообразия водорослей в планктоне речных участков днепровских водохранилищ, является водообмен основного русла с придаточной сетью. Он инициируется внутрисуточными колебаниями уровня воды, обусловленными пиковым режимом работы ГЭС (Оксиук и др., 1999, 2003). О важном значении данного фактора для обогащения видового состава водорослей планктона основного русла свидетельствуют данные суточных наблюдений, проведенных в нижнем бьефе Киевской ГЭС (см. табл. 2, 3). В периоды прекращения работы ГЭС уровень воды в основном русле падает и вода из водоемов придаточной сети поступает в основное русло. Вместе с ней в него выносятся водоросли, вследствие чего видовое богатство фитопланктона основного русла возрастает. В результате такого гидрологического режима на речных участках днепровских водохранилищ происходит увеличение разнообразия видов водорослей в планктоне основного русла. Так, в июле 1999 г. в периоды отсутствия или низких попусков число видов обычно было выше – до 15–18, чем при больших попусках ГЭС, когда оно снижалось до 9–12.

Таблица 3. Коэффициенты флористической общности (%) фитопланктона разных пунктов основного русла речного участка Каневского водохранилища (1-3.08.2001 г.)

Пункт		1	2	3	4	6	7
1	Киевская ГЭС: верхний бьеф	–	(16)	(10)	(15)	(10)	(14)
2	Киевская ГЭС: нижний бьеф	54	–	(11)	(18)	(10)	(18)
3	Устье Десны	41	39	–	(13)	(12)	(11)
4	Московский мост	48	52	44	–	(16)	(19)
5	Мост метро	43	38	56	57	–	(11)
6	о-в Жуков	56	63	47	63	50	–
7	43-й км	30	38	27	36	41	37

Примечание. В скобках приведено число общих видов.

В июле 2001 г. в периоды выноса воды из придаточной сети в нижнем бьефе Киевской ГЭС число видов водорослей в планктоне возрастало до 16–22 против 5–7 видов, которые обычно регистрировались в планктонных пробах во время работы ГЭС. Далее по трассе связь числа видов с попусками ГЭС менее четкая, очевидно, из-за чередования поступления различных порций воды.

Однако, как уже отмечалось, наряду с обогащением видового состава фитопланктона основного русла за счет поступления из водоемов придаточной сети в результате ежесуточных колебаний уровня воды на речных участках днепровских водохранилищ происходит переработка фитопланктона вследствие неравномер-

ных, временами высоких скоростей течения воды. Вследствие преобладания элиминации число видов водорослей в планктоне по трассе уменьшается; при этом снижается флористическая общность фитопланктона. Так, в августе 2001 г. коэффициент флористической общности в нижнем бьефе Киевской ГЭС и на первых 12 км составлял 52%, а в конце речного участка снижался до 38% (см. табл. 3). Вместе с тем, общность фитопланктона нижнего бьефа Киевской ГЭС и основного русла у о. Жуков была высокой (63%), что можно объяснить интенсивным влиянием в обоих этих пунктах выноса водорослей из придаточной сети.

Таким образом, исследования показали, что специфический гидрологический режим речных участков днепровских водохранилищ способствует увеличению числа видов водорослей в планктоне, несмотря на их элиминацию по трассе, за счет поступления из придаточной сети. Водоёмы придаточной сети являются резерватом для постоянного восстановления и обогащения видового разнообразия фитопланктона основного русла речных участков и таким образом благоприятствуют увеличению альгофлоры озерных частей водохранилищ.

**Придаточная сеть.** Видовое богатство фитопланктона в водоёмах придаточной сети речных участков днепровских водохранилищ, как правило, выше, чем в основном русле. Так, 01-3.08. 2001 г. на речном участке Каневского водохранилища в основном русле в каждой пробе регистрировалось 9-23 вида (в среднем 13); в водных объектах придаточной сети число видов колебалось в широких пределах – 8-35 (в среднем 20) видов

Фитопланктон водных объектов придаточной сети речного участка Каневского водохранилища характеризуется разной степенью выровненности. Индекс видового разнообразия колебался в широких пределах – от 0,36 в вершине залива Собачье гирло, где господствовала *Aulacoseira granulata*, до 3,73 бит/мг в Русановской протоке, в фитопланктоне которой доминанты не были выражены. Очень низким индекс Шеннона был в июле 1999 г. в Обводном канале в период массовой вегетации *A. granulata* – всего 0,14-0,71 бит/мг.

О роли различных водных объектов в формировании видового состава фитопланктона основного русла речного участка Каневского водохранилища можно судить на основании коэффициентов флористической общности.

Влияние фитопланктона, поступающего на данный участок из расположенного выше Киевского водохранилища, на видовой состав фитопланктона основного русла достаточно велико только в первой половине участка: коэффициент общности составлял 43-56%. К концу участка фитопланктон перерабатывается настолько, что коэффициент флористической общности снижался до 30%.

Фитопланктон Десны имеет существенное значение для обогащения видового состава водорослей в планктоне основного русла на отрезке ниже ее устья до о-ва Жуков, о чем свидетельствуют высокие коэффициенты флористической общности – 44-56%. Общность видового состава фитопланктона устья Десны и нижнего бьефа Киевской ГЭС всего 39%, а конечного участка еще ниже – 27%.

Водные объекты придаточной сети верхней части данного участка оказывают влияние на фитопланктон основного русла примерно до 15 км. Так, например, коэффициенты флористической общности фитопланктона в нижнем бьефе Киевской ГЭС, в Обводном канале и в основном русле у Московского моста составляли 48-49%, тогда как уже у моста метро и в конце участка они снижались до 21-23%. Это свидетельствует о переработке фитопланктона в основном русле по

трассе речного участка. Аналогичная ситуация прослеживается по отношению к зал. Оболонь. Коэффициенты флористической общности фитопланктона в нем и в основном русле достаточно высоки лишь для первых 15 км – 48-53%; к концу участка они снижались до 28%.

Закономерно, что в нижней части данного участка правобережные пойменные водоемы придаточной сети имеют высокий коэффициент флористической общности фитопланктона с этой же частью основного русла – 43-53%. Интересно, что у фитопланктона этих водоемов также высокий коэффициент общности с нижним бьефом Киевской ГЭС и верхней частью основного русла – 52-53%. Что касается левобережных пойменных водоемов, то коэффициенты флористической общности их фитопланктона и основного русла несколько ниже – 33-48%, чем у правобережных.

Русловые водные объекты придаточной сети речного участка Каневского водохранилища в силу своей значительной протяженности, очевидно, оказывают сравнительно слабое влияние на видовой состав фитопланктона основного русла. Коэффициенты флористической общности фитопланктона, например, Русановской протоки и Десенки с фитопланктоном основного русла, как правило, невысокие – 16-36%.

Флористическая общность фитопланктона различных водных объектов придаточной сети речных участков днепровских водохранилищ колеблется в широких пределах. Величина коэффициента общности для водных объектов придаточной сети речного участка Каневского водохранилища составляла 5-57%. Наиболее своеобразный видовой состав фитопланктона русловых водных объектов – стариц, изолированных боковых рукавов, а также пойменных водоемов, не связанных непосредственно с основным руслом. Так, коэффициент флористической общности фитопланктона Десенки и других водоемов придаточной сети обычно составлял 13-38% (реже 44-47), Русановской протоки – 5-39% (реже 42-48), оз. Министерка – 18-31% (реже – 33-39).

### Заключение

Особенности гидрологического режима речных участков днепровских водохранилищ (неравномерный в течение суток скоростной режим, внутрисуточные колебания уровня воды, инициированные пиковым режимом работы гидроэлектростанций) существенно влияют на видовое разнообразие их фитопланктона.

Неравномерные, периодические высокие скорости течения воды обуславливают уменьшение числа видов водорослей в фитопланктоне основного русла по трассе речных участков днепровских водохранилищ.

Колебания уровня воды, вызываемые неравномерным на протяжении суток режимом работы ГЭС, обеспечивают активный водообмен между основным руслом и водными объектами придаточной сети, видовое богатство фитопланктона в которых, как правило, значительно выше, чем в основном русле. При этом обычно в русловых водных объектах (старицах, боковых рукавах) видовой состав фитопланктона более бедный, чем в пойменных озерах.

Поступление водорослей из водоемов придаточной сети способствует обогащению видового состава фитопланктона основного русла. Оно особенно существенно в верхней части речных участков, где внутрисуточные колебания уров-

ня воды наиболее значительные. Так, в нижнем бьефе Киевской ГЭС число видов водорослей в планктоне основного русла вследствие выноса из придаточной сети при отсутствии попусков может увеличиваться в 2-3 раза.

Уменьшающийся вынос водорослей из водных объектов придаточной сети в нижней части речных участков днепровских водохранилищ из-за затухания амплитуды колебания уровня воды не может компенсировать выпадение ряда видов под влиянием неравномерного скоростного режима и периодических высоких скоростей течения. В результате отрицательного баланса этих противодействующих процессов в целом число видов водорослей в планктоне основного русла по трассе речных участков днепровских водохранилищ сокращается.

Выравнивание фитопланктона, оцениваемая индексом видового разнообразия (по Шеннону), на речных участках днепровских водохранилищ зависит в основном от выраженности доминирующего комплекса водорослей, а также от числа видов. Индекс видового разнообразия в основном русле речного участка Каневского водохранилища колебался в широких пределах. При слабой выраженности доминантов величины индекса Шеннона были сравнительно велики – до 3,5; если доминирование отдельных видов диатомовых и синезеленых водорослей в фитопланктоне было хорошо выражено, его выравнивание было меньше: индекс Шеннона составлял менее 2,9 бит/мг.

В водных объектах придаточной сети речных участков днепровских водохранилищ видовое разнообразие фитопланктона различно. Так, индекс Шеннона фитопланктона в придаточной сети речного участка Каневского водохранилища колебался от 0,14 до 3,73 бит/мг.

Таким образом, благодаря иницируемому пиковым режимом работы ГЭС колебаниям уровня воды на речных участках днепровских водохранилищ водоемы придаточной сети являются важным источником увеличения видового разнообразия водорослей в планктоне основного русла, что способствует увеличению биоразнообразия фитопланктона водохранилищ в целом.

#### **Благодарности**

Авторы выражают благодарность В.М. Тимченко за данные о гидрологическом режиме.

*O.P. Oksnyuk, O.A. Davydov, G.V. Melenchuk*

Institute of Hydrobiology of National Academy of Sciences of Ukraine,  
12, Prosp. Geroyev Stalingrada, 04210 Kiev, Ukraine

#### **FORMATION OF A SPECIES VARIETY OF THE PHYTOPLANKTON ON THE RIVER SITES OF THE DNIEPER RESERVOIRS**

The features of formation of a species variety of the phytoplankton on the river sites of the Dnieper reservoirs under influence of a specific hydrological mode of these sites are considered. On an example of the Kanev reservoir is shown, that the number of kinds on a line of a river site is reduced because of sharp within day of fluctuations of speed of current owing to peak mode of operations hydroelectric power station (HEPS) that settles down above. At the same time initiated by such mode of operations of hydroelectric

power station of fluctuation of a level of water promote increase species riches phytoplankton of the basic channel at the expense of receipt of seaweed from water objects of the appendage network. Evenness estimated by an index of a species variety (on Shannon), in phytoplankton of the basic channel and water bodies of the appendage network changed over a wide range depending on number of kinds and degree of their domination.

**К е у в о р д с :** phytoplankton, hydrological regime, species variety, water exchange.

- Василевич В.И. Статистические методы в геоботанике. – Л.: Наука, 1969. – 232 с.
- Денисова А.И., Тимченко В.М., Нахшина Е.П., Новиков Б.И., Рябов А.К., Басс Я.И. Гидрология и гидрохимия Днепра и его водохранилищ. – Киев: Наук. думка, 1989. – 216 с.
- Одум Ю. Основы экологии. – М.: Мир, 1975. – 470 с.
- Оксиюк О.П., Тимченко В.М., Давыдов О.А. и др. Состояние экосистемы Киевского участка Каневского водохранилища и пути его регулирования. – Киев: ВИПОЛ, 1999. – 60 с.
- Оксиюк О.П., Тимченко В.М., Давыдов О.А. и др. Экологические попуски Киевской ГЭС. – Киев: ЛОГОС, 2003. – 72 с.
- Протасов А.А. Биоразнообразие и его оценка. Концептуальная диверсионология. – Киев: Академперіодика, 2002. – 105 с.
- Раманенко В.Д., Оксиюк О.П., Жукинський В.Н., Стольберг Ф.В., Лаврик В.И. Экологическая оценка воздействия гидротехнического строительства на водные объекты. – Киев: Наук. думка, 1990. – 256 с.
- Тимченко В.М., Дубяк С.С. Экологические аспекты водного режима Киевского участка Каневского водохранилища // Гидробиол. журн. – 2000. – 36, № 3. – С. 57-67.

Получена 09.03.04

Подписала в печать Н.В. Кондратьева