

УДК 58.056:285.33(574.583 + 581.132)

А. В. Курейшевич, И. Н. Незбрицкая, В. П. Гусейнова,
А. А. Морозова

**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ НА СОДЕРЖАНИЕ
ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В
ФИТОПЛАНКТОНЕ ЗАЛИВА ОБОЛОНЬ
КАНЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

Установлена динамика содержания фотосинтетических пигментов — хлорофилла *a* и суммы каротиноидов в единице биомассы фитопланктона поверхностного слоя воды прибрежного участка зал. Оболонь Каневского водохранилища в летний сезон 2014—2015 гг. В фитопланктоне по биомассе доминировали основные возбудители «цветения» воды — синезеленые водоросли (Cyanoprokaryota) *Anabaena flos-aquae* Bréb., *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz. и *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs. Между удельным содержанием хлорофилла *a* в биомассе фитопланктона (Хл. *a*/Б) и температурой воды установлена обратная зависимость. С увеличением температуры воды от 21 до 31 °С отношение Хл. *a*/Б уменьшалось в 2 раза. При экстремально высокой температуре воды суммарное содержание каротиноидов в единице биомассы фитопланктона также снижалось. В отличие от хлорофилла *a*, зависимость суммарного содержания каротиноидов от температуры воды описывается не линейной, а полиномиальной функцией.

Ключевые слова: фитопланктон, биомасса, синезеленые водоросли, хлорофилл *a*, каротиноиды, азот, фосфор, освещенность, температура.

Содержание основного пигмента зеленых растений — хлорофилла *a* в единице объема воды считается универсальным эколого-физиологическим показателем, который отображает обилие и фотосинтетическую активность фитопланктона [8]. По концентрации хлорофилла *a* определяют степень трофности водоемов, величину первичной продукции, оценивают биомассу планктонных водорослей [8, 15].

Относительное содержание хлорофилла *a* в биомассе фитопланктона (Хл. *a*/Б) зависит от многих факторов: светового режима, температуры воды, обеспеченности биогенными веществами, видового состава, величины биомассы, размеров клеток водорослей, физиологического состояния популяций, сезона года, времени суток [2, 6, 9—11, 15]. Однако данных относительно изменений содержания хлорофилла *a* в единице биомассы фитопланк-

© А. В. Курейшевич, И. Н. Незбрицкая, В. П. Гусейнова, А. А. Морозова, 2016

тона под воздействием абиотических и биотических факторов в водоемах разной трофности и разной зональности в литературе недостаточно. Это усложняет оценку биомассы фитопланктона по концентрации хлорофилла *a*. В то же время «хлорофилльный метод» из-за его простоты и экспрессности определения содержания пигмента имеет много преимуществ перед трудоемким стандартным альгологическим методом расчета биомассы планктонных водорослей.

При моделировании зависимости содержания хлорофилла *a* в единице биомассы фитопланктона от абиотических и биотических факторов необходимы экспериментальные данные относительно их влияния на величину отношения Хл. *a*/Б. Из перечисленных выше факторов воздействие температуры на вариабельность этого показателя изучено в наименьшей степени. Вместе с тем этот вопрос является весьма актуальным в связи с изменениями климата в Украине, которые проявляются в увеличении средних и максимальных температур воды [1]. Поэтому целью работы было изучить влияние температуры воды на содержание хлорофилла *a* в биомассе фитопланктона в летний сезон — период обильной вегетации фитопланктона. Ввиду того, что освещенность и концентрация биогенных веществ также влияют на величину содержания хлорофилла *a*, существенный интерес представляло установить связи между величиной отношения Хл. *a*/Б и количественными характеристиками указанных факторов.

Материал и методика исследований. Исследования проводили в летний сезон 2014—2015 гг. в мелководном прибрежном участке зал. Оболонь Каневского водохранилища Днепровского каскада (глубина на станции составляла 1 м). Пробы воды отбирали с поверхностного горизонта воды в утреннее время (9³⁰ — 11⁰⁰). Температуру воды измеряли с помощью ртутного термометра, освещенность — люксметром Ю-117. В отобранных пробах определяли содержание хлорофилла *a* спектрофотометрическим методом [23] с использованием уравнений [20]. Суммарное содержание каротиноидов в экстракте пигментов рассчитывали по уравнениям [22].

Численность и биомассу фитопланктона устанавливали общепринятым в гидробиологии методом в фиксированных 40%-ным раствором формальдегида пробах воды [7, 14]. Ступение проб (объем 0,5 дм³) проводили осадочным методом. Численность водорослей учитывали в камере Нажотта объемом 0,02 см³. Биомассу водорослей рассчитывали счетно-объемным методом [7]. Содержание растворенных неорганических соединений азота и фосфора определяли общепринятыми в гидрохимии методами [16].

Результаты исследований и их обсуждение

Характеристика абиотических факторов исследованного участка. Освещенность в период наших исследований изменялась в достаточно узких пределах (от 30 до 61 тыс. лк), что было связано с отбором проб воды в утренние часы. Температура воды исследуемого участка за период наблюдений колебалась в широких пределах — от 21 до 31°C (табл. 1). Максимальные ее значения зарегистрированы в августе 2014 г.

1. Некоторые абиотические факторы прибрежного участка зал. Оболонь Каневского водохранилища в летний сезон 2014—2015 гг.

Даты отбора	Т, °С	Освещенность, тыс. лк	PO ₄ ³⁻ , мг P/дм ³	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	ΣN
				мг N/дм ³			
1.08.14	28,5	51	0,035	0,003	0,014	0,505	0,522
5.08.14	28,0	54	0,027	0,003	0,025	0,480	0,508
6.08.14	28,0	44	0,027	0,003	0,047	0,645	0,695
7.08.14	28,0	39	0,027	0,003	0,024	0,425	0,452
8.08.14	29,5	47	0,062	0	0,036	0,635	0,671
11.08.14	31,0	61	0,057	0,003	0,173	0,455	0,631
21.08.14	26,0	43	0,092	0,032	0,030	0,455	0,517
09.09.14	21,0	34	0,097	0,005	0,021	0,450	0,476
11.09.14	22,5	31	0,025	0,008	0,018	1,210	1,236
29.07.15	25,0	57	0,030	0,012	0,160	0,310	0,482
30.07.15	23,5	30	0,020	0,009	0,220	0,260	0,489
6.08.15	28,0	47	0,040	0,006	0,103	0,370	0,479
11.08.15	29,0	56	0,040	0,009	0,190	0,450	0,649
17.08.15	26,0	60	0,040	0,006	0,103	0,610	0,719
18.08.15	24,0	61	0,045	0,010	0,125	0,750	0,885

Содержание растворенного неорганического фосфора в воде прибрежного участка зал. Оболонь колебалось в пределах 0,020—0,097 мг P/дм³, составляя в среднем 0,044 ± 0,0061 мг P/дм³. По литературным данным [21], содержание общего фосфора в воде выше 0,03 мг/дм³ характерно для эвтрофных водоемов. Следовательно, даже по показателям растворенного неорганического фосфора прибрежный участок зал. Оболонь в летний сезон относится к эвтрофным водам.

Из форм растворенного неорганического азота преобладал аммонийный азот, его концентрация в период наших исследований находилась в пределах 0,260—1,210 мг N/дм³. Содержание нитратного азота в воде залива было ниже, и составляло 0,014—0,220 мг N/дм³, что, очевидно, связано с активным потреблением данной формы планктонными организмами, в первую очередь микроводорослями и макрофитами. Пределы колебаний содержания нитритного азота составляли 0—0,032 мг N/дм³.

Общее содержание растворенного неорганического азота в воде в период наших наблюдений колебалось от 0,452 до 1,236 мг N/дм³, составляя в среднем 0,627 ± 0,0537 мг N/дм³. Поскольку общее содержание азота в воде выше 0,50 мг/дм³ характерно для эвтрофных водоемов [21], прибрежный

участок зал. Оболонь в летний сезон даже по содержанию растворенного неорганического азота, как и фосфора, относится к эвтрофным водам.

Фитопланктон исследованного участка. В период исследований в прибрежном участке зал. Оболонь Каневского водохранилища наблюдалось интенсивное «цветение» воды синезелеными водорослями. Их биомасса составляла 86—99,8% общей биомассы фитопланктона (табл. 2). В пробах доминировали основные возбудители «цветения» воды — *Anabaena flos-aquae* Bréb., *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz. и *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs.

Важно отметить, что в большинстве случаев в фитопланктоне при экстремально высокой температуре (28—31°C) доминировала *An. flos-aquae*. Ее вклад в общую биомассу синезеленых водорослей в интервале указанных температур составлял 28,8—91,3%. Вместе с тем наибольшая доля доминирующего по биомассе основного возбудителя «цветения» воды — *M. aeruginosa* — отмечена при температуре 21,0, 23,5 и 25,0°C (соответственно 74,2, 39,7 и 33,3% суммарной биомассы *Cyano prokaryota*).

Максимальная биомасса *Aph. flos-aquae* регистрировалась как при умеренной температуре — 24°C и 26°C (соответственно 90,6 и 67,5% общей биомассы *Cyano prokaryota*), так и при экстремально высокой — 29°C (59,9%). Следовательно, *Aph. flos-aquae* характеризуется меньшей чувствительностью к высоким температурам, чем *M. aeruginosa*. Необходимо сказать, что другие авторы [17] отмечали, что в зал. Оболонь Каневского водохранилища при экстремально высоких температурах (выше 27°C) преобладали виды *Aph. flos-aquae*, *An. flos-aquae*, а также *Microcystis pulverea* (Wood) Forti emend. Elenkin.

Связь между содержанием хлорофилла а и биомассой фитопланктона. Содержание хлорофилла а в единице объема воды исследованного участка зал. Оболонь Каневского водохранилища изменялось от 64 до 1630 мкг/дм³, а биомасса фитопланктона — от 6,9 до 151,9 мг/дм³. Экстремально высокие значения верхних пределов колебаний указанных показателей связаны с интенсивным «цветением» воды синезелеными водорослями.

Между величиной биомассы и содержанием хлорофилла а установлена прямая линейная зависимость (рис. 1) с высоким коэффициентом детерминации ($R^2 = 0,89$), что объясняется, очевидно, достаточно однородным фитопланктоном (абсолютное доминирование синезеленых водорослей), отбором проб примерно в один и тот же часовой промежуток и, вследствие этого, — достаточно стабильными условиями освещенности.

Линейная зависимость между концентрацией хлорофилла а фитопланктона и биомассой получена для многих пресноводных водоемов [9], хотя в некоторых случаях она лучше описывается параболической кривой [4, 8].

Зависимость содержания хлорофилла а в единице биомассы фитопланктона от освещенности, концентрации биогенных веществ и температуры воды. Концентрация хлорофилла а в единице биомассы фитопланктона прибрежного участка зал. Оболонь Каневского водохранилища изменялась от

2. Доминанты и субдоминанты фитопланктона в прибрежном участке зал. Оболонь Каневского водохранилища в летний сезон 2014—2015 гг.

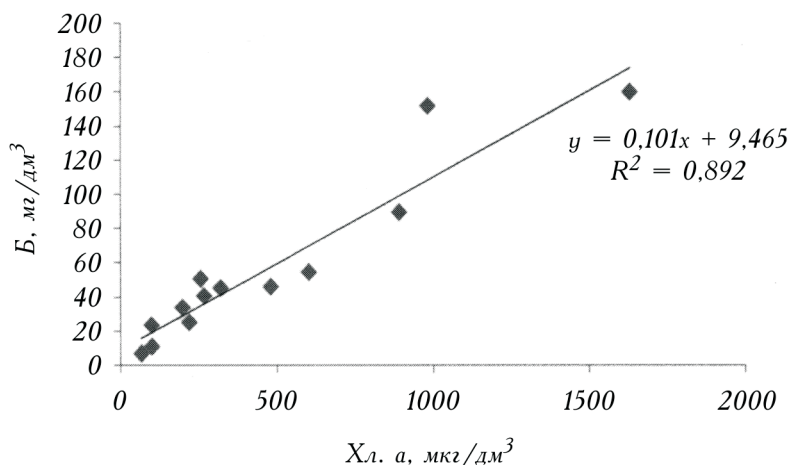
Даты	T, °C	Доля доминирования <i>Suastrorhynchus</i> в общей биомассе фитопланктона, %	Доминанты	Доля, %	Субдоминанты	Доля, %
1.08.14	28,5	94,3	<i>An. flos-aquae</i>	<u>71,0</u>	—	—
				75,3		
				<u>18,5</u>		
				26,0		
5.08.14	28,0	86,0	<i>An. flos-aquae</i>	<u>60,2</u>	—	—
				69,9		
				<u>16,8</u>		
				19,5		
6.08.14	28,0	97,9	<i>An. flos-aquae</i>	<u>88,0</u>	<i>A. affinis</i>	<u>7,9</u>
				89,9		3,2
7.08.14	28,0	99,5	<i>An. flos-aquae</i>	<u>82,4</u>	<i>M. aeruginosa</i>	<u>8,6</u>
				82,9		8,65
					<i>A. affinis</i>	<u>7,6</u>
						7,65
8.08.14	29,5	99,4	<i>An. flos-aquae</i>	<u>90,8</u>	—	—
				91,3		
11.08.14	31,0		<i>An. flos-aquae</i>	<u>93,0</u>		
				93,5		
9.09.14	21,0	96,6	<i>M. aeruginosa</i>	<u>72,6</u>	—	—
				74,2		
				<u>12,1</u>		
				12,4		
				<u>11,9</u>		
				12,1		
29.07.15	25,0	94,6	<i>M. aeruginosa</i>	<u>37,6</u>		
				39,7		
				<u>33,2</u>	—	
				33,1		
				<u>23,0</u>		
				24,3		
30.07.15	23,5	99,4	<i>Aph. flos-aquae</i>	<u>36,5</u>	—	—
				36,7		

Продолжение табл. 2

Даты	T, °C	Доля домини- рования Суа- поргокаryota в общей био- массе фито- планктона, %	Доминанты	Доля, %	Субдоминанты	Доля, %
6.08.15	28,0	95,1	<i>An. flos-aquae</i>	<u>35,6</u>	<i>Aph.</i> <i>flos-aquae</i>	<u>8,9</u> <u>9,3</u>
				<u>36,9</u>		
			<i>M. aeruginosa</i>	<u>26,5</u>		
				<u>26,7</u>		
11.08.15	29,0	99,3	<i>An. flos-aquae</i>	<u>46,85</u>		
				<u>49,2</u>		
			<i>M. aeruginosa</i>	<u>31,7</u>		
				<u>33,3</u>		
17.08.15	26,0	99,2	<i>Aph. flos-aquae</i>	<u>59,5</u>	—	—
				<u>59,9</u>		
			<i>An. flos-aquae</i>	<u>28,6</u>		
				<u>28,8</u>		
18.08.15	24,0	99,8	<i>M. aeruginosa</i>	<u>10,5</u>		
				<u>10,6</u>		
			<i>Aph. flos-aquae</i>	<u>66,7</u>	—	—
				<u>67,5</u>		
18.08.15	24,0	99,8	<i>An. flos-aquae</i>	<u>27,0</u>	<i>An.</i> <i>flos-aquae</i>	<u>7,0</u> <u>7,0</u>
				<u>27,2</u>		
			<i>Aph. flos-aquae</i>	<u>90,6</u>		
				<u>90,6</u>		

П р и м е ч а н и е. Доминанты — виды, биомасса которых составляла более 10% общей; субдоминанты — 5% общей; над чертой — доля доминирующего вида в общей биомассе, под чертой — в биомассе Суаноргокаryota; «—» — субдоминанты не обнаружены.

0,41 до 1,1%, в среднем составляла 0,79%. Эти величины сопоставимы с данными других авторов о пределах колебаний средних значений этого показателя (0,46—1,15%) в летний сезон в эвтрофном Рыбинском водохранилище Волжского каскада [10] и результатами наших предыдущих исследований в заливах Кременчугского водохранилища Днепровского каскада (в среднем 0,43%) во время «цветения» воды Суаноргокаryota [5]. Вместе с тем, следует отметить, что они больше величин, полученных нами ранее. Это объясняется тем, что все пробы воды в Каневском водохранилище мы отбирали лишь в утренние часы, когда интенсивность солнечной радиации значительно меньше, чем днем, а в предыдущих исследованиях — в течение всего дня. Как известно, величина отношения Хл. а/Б очень существенно зависит от освещенности. При повышенном уровне световой радиации происходит фото-



1. Зависимость между содержанием хлорофилла *a* и биомассой фитопланктона в прибрежном участке зал. Оболонь Каневского водохранилища.

окисление хлорофилла в клетках водорослей [19], что приводит к снижению его содержания в единице биомассы фитопланктона.

Из полученных результатов видно, что связь содержания хлорофилла *a* в биомассе фитопланктона (Хл. *a* /Б) с освещенностью при «цветении» воды *Suaepurocaugota* была очень слабой ($r = -0,18$) и недостоверной (табл. 3). Это объясняется тем, что в один и тот же временной промежуток (утром) освещенность колебалась в небольших пределах (от 30 до 61 тыс. лк). Поэтому она существенно не влияла на относительное содержание хлорофилла в биомассе планктонных водорослей.

Известно, что величина отношения Хл. *a*/Б зависит от содержания в воде биогенных веществ и изменяется в водоемах разной трофности [9—11]. Показатели концентрации хлорофилла *a* в единице сырой биомассы фитопланктона более высокие в эвтрофных водоемах по сравнению с олиготрофными и мезотрофными [8]. Поэтому существенный интерес представляло проанализировать связь этого показателя с содержанием в воде растворенных неорганических соединений азота и фосфора.

Полученные результаты показали, что корреляция между содержанием хлорофилла *a* в единице сырой биомассы и концентрацией аммонийного, нитратного и суммарного неорганического азота (соответственно $r = -0,18$, $0,24$ и $-0,17$) недостоверна (см. табл. 3). Причиной слабой связи между указанными показателями является очевидно то, что азот не лимитирует развитие фитопланктона в летний сезон в заливе, как и в русловой части Каневского водохранилища [18].

Зависимости между величиной отношения Хл. *a*/Б и концентрацией растворенного неорганического фосфора в воде не выявлено ($r = 0,00$). Результаты исследований подтверждают, что азот и фосфор в летний сезон не ли-

3. Коэффициенты корреляции между содержанием хлорофилла *a* в биомассе фитопланктона при «цветении воды» Cyanoprokaryota и некоторыми абиотическими факторами

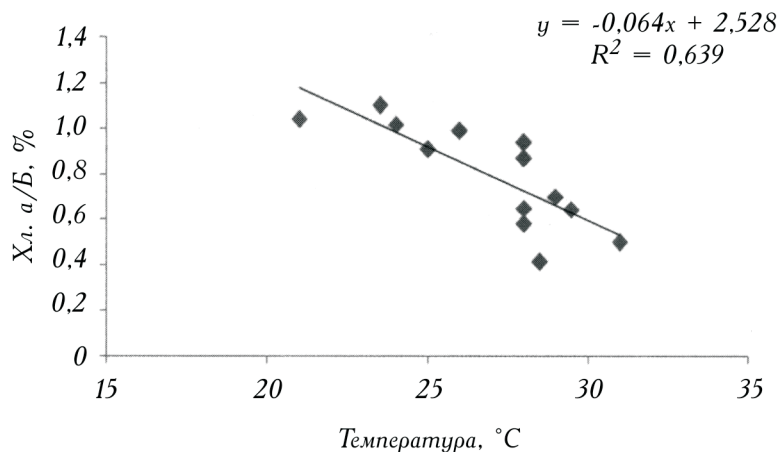
Показатели	<i>r</i>	<i>n</i>	<i>P</i>
Освещенность	-0,18	13	> 0,05
Температура воды	-0,80	13	< 0,01
NO ₃ ⁻ , мг N/дм ³	0,24	13	> 0,05
NH ₄ ⁺ , мг N/дм ³	-0,18	13	> 0,05
∑N, мг N/дм ³	-0,17	13	> 0,05
PO ₄ ³⁻ , мг P/дм ³	0,00	13	> 0,05
N/P	-0,25	13	> 0,05

митируют развитие фитопланктона до уровня «цветения» воды, что согласуется с данными других авторов [3]. Кроме того, рассчитанное нами отношение растворенного неорганического азота к фосфору в воде (*N/P*) в 75% случаев находилось в пределах, близких к оптимальным для развития фитопланктона (10,8—18,8). Корреляция между содержанием хлорофилла в единице сырой биомассе и величиной *N/P* также оказалась недостоверной (см. табл. 3).

Из исследованных абиотических факторов наиболее тесная корреляция установлена между содержанием хлорофилла *a* в единице биомассы фитопланктона и температурой воды ($r = -0,80$; $P < 0,01$).

В диапазоне температур 21—31°C между величиной отношения Хл. *a*/Б и температурой воды наблюдалась обратная корреляция, то есть с увеличением температуры относительное содержание хлорофилла *a* в биомассе фитопланктона уменьшалось (рис. 2). Причиной этого может быть как угнетение синтеза хлорофилла *a*, так и его деградация при высоких температурах. Расчеты по уравнению регрессии показали, что с увеличением температуры воды от 21 до 31°C содержание хлорофилла в биомассе фитопланктона уменьшается в 2 раза.

Важно отметить, что в культурах Cyanoprokaryota при температуре 32°C мы наблюдали не уменьшение, а даже некоторое увеличение показателя Хл. *a*/Б, и существенное падение его величины было отмечено при значительно более высокой температуре — 38°C [12]. Следовательно, в природных условиях эффект уменьшения содержания хлорофилла с увеличением температуры воды наблюдается при более низких температурах, чем в условиях культур. Причиной этого может быть то, что освещенность в естественных условиях (30—61 тыс. лк в утренние часы) значительно выше, чем в условиях культур Cyanoprokaryota (3,0—3,5 тыс. лк). Очевидно, при высокой инсоляции, по сравнению с низкой, экстремально высокая температура более существенно подавляет синтез хлорофилла *a* и способствует его деградации.

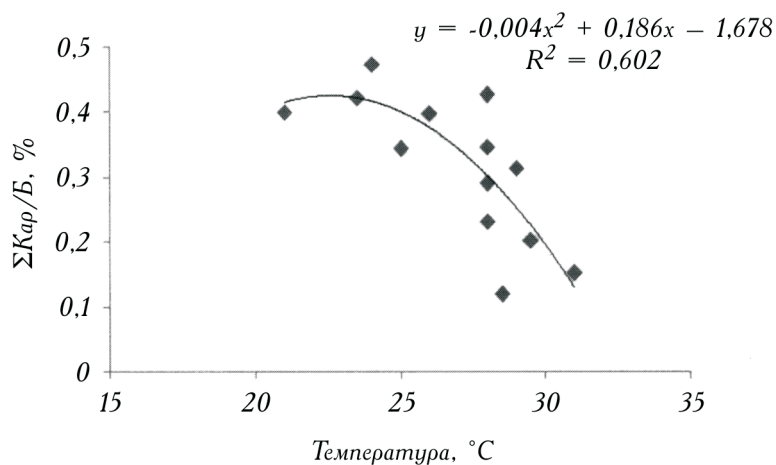


2. Зависимость между содержанием хлорофилла *a* в единице биомассы фитопланктона и температурой воды в летний сезон 2014—2015 гг. в прибрежном участке зал. Оболонь Каневского водохранилища.

Каротиноиды в клетках водорослей не только играют важную роль в фотосинтезе, но выполняют также защитную функцию, предотвращая разрушение хлорофиллов под воздействием кислорода [13]. Поэтому существенный интерес представляло исследовать изменение содержания каротиноидов в биомассе фитопланктона при повышении температуры воды до экстремально высоких значений. Полученные результаты показали, что в пределах температур 21—26°C величина этого показателя существенно не изменялась (рис. 3). Однако при температуре выше 28°C наблюдалось заметное снижение суммарного содержания каротиноидов в биомассе водорослей, и оно было минимальным при максимальных из зафиксированных температур — 28,5, 29,5 и 31,0°C.

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют, что в типичном для Каневского водохранилища в летний сезон фитопланктоне при экстремально высокой температуре уменьшается не только содержание хлорофилла *a* в единице его биомассы, но и суммарное содержание каротиноидов. Однако это снижение в природных условиях происходит при более низкой температуре, чем в культурах водорослей. В проведенных нами ранее экспериментах на культурах зеленых и синезеленых водорослей показано, что в ответ на изменение температурного режима культивирования с 26 на 32°C у них было зафиксировано увеличение суммарного содержания каротиноидов [12].

В то же время при самой высокой температуре (38°C) у исследуемых видов Chlorophyta и Cyanoprokaryota в культуре отмечено резкое падение суммарной концентрации желтых пигментов в сухой массе относительно значений, зафиксированных как при температуре 26°, так и 32°C.



3. Зависимость между суммарным содержанием каротиноидов в единице биомассы фитопланктона (%) и температурой воды в летний сезон 2014—2015 гг. в прибрежном участке зал. Оболонь Каневского водохранилища.

В отличие от хлорофилла, зависимость содержания суммы каротиноидов в единице биомассы фитопланктона от температуры водной среды описывается не линейной, а полиномиальной функцией.

Заключение

В летний сезон 2014—2015 гг. в поверхностном слое воды прибрежного участка зал. Оболонь Каневского водохранилища по биомассе доминировали сине-зеленые водоросли (86,0—99,8% общей биомассы фитопланктона). Доминантами являлись основные возбудители «цветения» воды — *Anabaena flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa* и *Aphanizomenon flos-aquae*.

При экстремально высокой температуре (28—31°C) в фитопланктоне преобладала *An. flos-aquae*. Наибольшая доля доминирования по биомассе основного возбудителя «цветения» воды — *M. aeruginosa* — отмечена при более низких значениях температуры — 21,0, 23,5 и 25,0°C. Максимальная биомасса *Aph. flos-aquae* отмечалась как при умеренной температуре — 24 и 26°C, так и при экстремально высокой температуре — 29°C.

Зависимость между биомассой фитопланктона и содержанием хлорофилла *a* в исследуемый период носила линейный характер с высоким коэффициентом детерминации ($R^2 = 0,89$), что, очевидно, связано с достаточно однородным фитопланктоном (абсолютное доминирование Cyanoprokaryota), отбором альгологических проб приблизительно в один и тот же временной промежуток и, вследствие этого, достаточно стабильными условиями освещенности.

Корреляция между величиной отношения Хл. *a*/Б и освещенностью была очень слабой и недостоверной. Это объясняется тем, что во время отбора проб освещенность колебалась в небольших пределах (от 30 до 61 тыс. лк).

Зависимость показателя Хл. а/Б от концентрации растворенного неорганического фосфора, аммонийного, нитратного, общего неорганического азота, величины отношения N/P также была недостоверной. Причиной этого является, очевидно, то, что азот и фосфор не лимитируют развитие фитопланктона в летний сезон в зал. Оболонь.

Между содержанием хлорофилла а в единице биомассы фитопланктона и температурой воды установлена обратная зависимость. С увеличением температуры воды от 21 до 31°C величина отношения Хл. а/Б уменьшалась в 2 раза. При экстремально высокой температуре суммарное содержание каротиноидов в единице биомассы *Cyanoprokaryota* также уменьшалось. В отличие от хлорофилла, зависимость суммарного содержания каротиноидов в единице биомассы от температуры описывается не линейной, а полиномиальной функцией.

Уменьшение содержания хлорофилла а в единице биомассы *Cyanoprokaryota* при повышении температуры воды важно учитывать при оценке биомассы фитопланктона по содержанию этого пигмента. Полученные результаты могут быть использованы при моделировании зависимости биомассы фитопланктона при «цветении» воды синезелеными водорослями от содержания хлорофилла а.

**

*Досліджено динаміку вмісту фотосинтетичних пігментів — хлорофілу а і суми каротиноїдів в одиниці біомаси фітопланктону поверхневого шару води прибережної ділянки зат. Оболонь Канівського водосховища у літній сезон 2014—2015 рр. У фітопланктоні за біомасою домінували основні збудники «цвітіння» води синьозеленими водоростями — *Anabaena flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa* і *Aphanizomenon flos-aquae*. Між питомим вмістом хлорофілу а у біомасі фітопланктону (Хл. а /Б) і температурою води встановлено зворотню залежність. Зі збільшенням температури води від 21 до 31°C відношення Хл. а/Б зменшувалось у 2 рази. При екстремально високих температурах води сумарний вміст каротиноїдів в одиниці біомаси фітопланктону також зменшувалася. На відміну від хлорофілу а, залежність цього показника від температури води описується не лінійною, а поліноміальною функцією.*

**

*The dynamics of content of photosynthetic pigments — chlorophyll a and carotenoids sum per unit biomass of phytoplankton was investigated in the surface water layer in the coastal area of Obolon Bay of Kanev reservoir during the summer season 2014—2015 years. The phytoplankton biomass was dominated by the main agents of water bloom caused by blue-green algae (Cyanobacteria): *Anabaena flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa* and *Aphanizomenon flos-aquae*. The inverse relationship between the specific chlorophyll a content in biomass and water temperature was established. With the increase of water temperature from 21 to 31°C, the chlorophyll a content per unit biomass of phytoplankton decreased approximately 2 times. The total content of carotenoids per unit biomass of phytoplankton also decreased at extremely high temperatures. Unlike chlorophyll, the dependence of this index on water temperature is described not linear and a polynomial function.*

**

1. Вандюк Н.С. Тепловий фактор функціонування екосистеми Канівського водосховища: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. — К., 2012. — 20 с.

2. *Елизарова В.А.* Содержание фотосинтетических пигментов в единице биомассы фитопланктона Рыбинского водохранилища // Флора, фауна и микроорганизмы Волги. — Рыбинск: ИБВВ РАН, 1974. — С. 46—66.
3. *Загорожна Г.М.* Особливості розвитку фітопланктону верхньої частини Канівського водосховища в лотичних і лентичних умовах: Автореф. дис. ... канд. біол. наук. — Київ, 2016. — 21 с.
4. *Коппа Ю.В., Курейшевич А.В., Пахомова М.Н.* Моделирование зависимости биомассы фитопланктона от содержания хлорофилла *a* // Автоматика. — 1984. — № 1. — С. 57—61.
5. *Курейшевич А.В.* Пигменты фитопланктона и факторы, влияющие на их содержание в водоеме (на примере днепровских водохранилищ): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Киев, 1983. — 23 с.
6. *Курейшевич А.В., Пахомова М.Н.* Некоторые факторы, влияющие на относительное содержание хлорофилла в биомассе фитопланктона // Конф. по спорным растениям Средней Азии и Казахстана: Тез. докл. Ташкент, 1989. — С. 61—62.
7. *Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод* / За ред. В. Д. Романенка. — К.: Логос, 2006. — 408 с.
8. *Минева Н.М.* Растительные пигменты в воде волжских водохранилищ. — М.: Наука, 2004. — 156 с.
9. *Минева Н.М., Щур Л.А.* Содержание хлорофилла *a* в единице биомассы фитопланктона (Обзор) // Альгология. — 2012. — Т. 22, № 4. — С. 441—456.
10. *Минева Н.М., Корнева Л.Г., Соловьева В.В.* Сезонная и многолетняя динамика содержания хлорофилла *a* в единице биомассы фитопланктона Шекснинского и Рыбинского водохранилищ (Россия) // Там же. — 2013. — Т. 23, № 2. — С. 150—166.
11. *Минева Н.М., Корнева Л.Г., Соловьева В.В.* Содержание хлорофилла *a* в единице биомассы фитопланктона водохранилищ волжского каскада (Россия) // Там же. — 2014. — Т. 24, №4. — С. 441—456.
12. *Незбрицкая И.Н., Курейшевич А.В.* Изменение содержания фотосинтетических пигментов у представителей Chlorophyta и Cyanoprokaryota в условиях воздействия повышенных температур // Гидробиол. журн. — 2015. — Т. 51, № 2. — С. 51—62.
13. *Половникова М.Г.* Экофизиология стресса: Электрон.ресурс. — Йошкар-Ола: МарГУ, 2010. — 112 с.
14. *Топачевский А.В., Масюк Н.П.* Пресноводные водоросли Украинской ССР. — Киев.: Вища шк., 1984. — 333 с.
15. *Трифонов И.С.* Состав и продуктивность фитопланктона озер Карельского перешейка. — Л.: Наука, 1979. — 168 с.
16. *Унифицированные методы анализа вод* / Под ред. Ю. Ю. Лурье. — М.: Химия, 1973. — 376 с.
17. *Щербак В.І., Загорожна Г.М., Каленяченко К.П.* Особливості розвитку літнього фітопланктону в умовах аномального температурного режиму // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. — 2011. — Т. 1. — С. 173—178.

18. Щербак В.И., Якушин В.М, Загорожная А.М. и др. Сезонная и межгодовая динамика фитопланктона, фитомикроэпифитона и биогенных элементов на речном участке Каневского водохранилища // Гидробиол. журн. — 2015. — Т. 51, № 5. — С. 52—67.
19. Han P., Virtanen M., Koponen J. et al. Effect of photoinhibition on algal photosynthesis: a dynamic model // J. Plankt. Res. — 2000. — Vol. 22 (5). — P. 865—885.
20. Jeffrey S.W., Humphrey F.H. New spectrophotometric equations for determining chlorophyll *a*, *b*, c_1 and c_2 in higher plants, algae and natural phytoplankton // Biochem. Physiol. Pflanz. — 1975. — Vol. 167. — P. 171—194.
21. Likens G.E. Primary production of inland aquatic ecosystems // Primary productivity of the biosphere / Eds H. Lieth, R.H. Whittaker. — New York: Springer, 1975. — P. 185—202.
22. Parsons T.R., Strickland J.D.H. Discussion of spectrophotometric determination of marine-plant pigments and carotinoids // J. Marine. Res. — 1963. — Vol. 21, N 3. — P. 155 —163.
23. SCOR-UNESCO. Determination of photosynthetic pigments in sea water // Monographs on Oceanographic methodology, 1. — Paris: UNESCO, 1966. — P. 9—18.