

УДК [574.5 928]:582.261.1]:911.375

В. И. Щербак¹, С. И. Генкал², О. В. Кравцова¹

**ЦЕНТРИЧЕСКИЕ ДИАТОМОВЫЕ (CENTROPHYSEAE)
ВОДОЕМОВ РАЗЛИЧНЫХ ГОРОДСКИХ
АГЛОМЕРАЦИЙ**

Методами световой и сканирующей электронной микроскопии выявлено 17 видов мелкоклеточных центрических диатомовых водорослей, из которых пять (*Aulacoseira subarctica*, *Cyclotella ocellata*, *Handmannia comta*, *Stephanodiscus minutulus*, *Conticribra weissflogii*) были впервые идентифицированы для водоемов различных городских агломераций (Киев, Житомир). Приведены их электронные микрофотографии, краткое морфологическое описание и эколого-географическая характеристика. Установлено отсутствие зависимости количества видов Centrophyseae от типа городской агломерации. Нахождение в планктоне городских водоемов мелкоклеточных центрических диатомей, а также солоноватоводных видов р. *Thalassiosira* Cl. является одним из адаптационных механизмов фитопланктона к антропогенному влиянию.

Ключевые слова: водоемы городских агломераций, электронная микроскопия, новые виды Centrophyseae, мелкоклеточные формы, адаптационные механизмы.

Внутренние водоемы городских агломераций являются неотъемлемой составляющей частью их инфраструктуры. Наблюдаемая в последнее время интенсификация урбанизации городских территорий затрагивает и состояние внутренних водоемов, что в той или иной мере влияет на их абиотические и биотические компоненты. В первую очередь воздействию подвержен ведущий биотический компонент водных экосистем — фитопланктон [9, 15, 19].

В качественном и количественном разнообразии фитопланктона континентальных водоемов Европы важная роль принадлежит Bacillariophyta, особенно их центрическим формам — Centrophyseae [10].

Обобщение работ по изучению центрических диатомей разнотипных внутренних водоемов г. Киева, выполненных в начале 2000-х годов было проведено Н. Е. Семенюк [14]. В последующий десятилетний период таких исследований, особенно с применением электронной микроскопии для уточняющего диагноза центрических диатомей, в том числе их мелкоклеточных форм, не проводилось. В то же время экспансия городской урбанизации в Киеве продолжает возрастать [4], что усиливает антропогенное воздействие

на планктон в целом, включая центрические диатомеи. Ввиду этого представляет интерес с помощью электронной микроскопии провести уточняющую инвентаризацию современного разнообразия центрических диатомовых и оценить влияние на них процессов урбанизации. Кроме того, необходимо провести параллельные исследования в значительно меньшей городской агломерации, которая по климатическим условиям мало отличается от многомиллионного г. Киева. В качестве сравнения были проведены исследования внутренних водоемов г. Житомира.

Цель работы — провести сравнительный анализ разнообразия центрических диатомей в водоемах различных городских агломераций по данным, полученным с помощью световой и электронной микроскопии.

Материал и методика исследований. Материалом послужили пробы фитопланктона, собранные на протяжении вегетационного сезона (весна — осень) 2016 г. в водоемах различных городских агломераций: г. Киева (озера Бабье и Опечень II, пруд в парке «Нивки») и г. Житомира (Соколовский пруд и пруд на окраине г. Житомира), Украина. Под типом городской агломерации подразумеваются города с разным административным значением (столица, обласной центр), количеством и плотностью населения, инфраструктурным развитием. Соответственно, мы выделяем мегаполис — г. Киев с населением, составляющим несколько миллионов, и высоким развитием инфраструктуры и значительно меньший город — г. Житомир, где населения и объектов инфраструктуры в разы меньше.

Озеро Бабье находится в лесопарковой зоне Киева на территории Труханова острова. Основными факторами урбанизации являются рекреация и любительское рыболовство, но по планам развития Киева северная часть водоема может попасть в зону строительства мостового перехода будущей Подольско-Воскресенской ветки метро.

Озеро Опечень II (Кирилловское), расположенное в Оболонском районе г. Киева, входит в систему озер Опечень. Питание озера осуществляется водами р. Сырец с веществами-загрязнителями, поступившими в нее с промышленными и коммунально-бытовыми стоками и в результате смыва с прилегающих городских территорий.

Пруд в парке «Нивки» находится в Шевченковском районе г. Киева, используется для рекреации. Соколовский пруд, расположенный в северной части г. Житомира, создан на р. Крошенке (бассейн р. Тетерев). Пруд на окраине г. Житомира создан на р. Каменке (бассейн р. Тетерев). Оба пруда используются в рыбохозяйственных и рекреационных целях.

Нами была проведена экспертная оценка урбанизации водоемов Киева и Житомира и дана их гидроморфометрическая характеристика (табл. 1).

Отбор альгологических проб, их камеральную обработку и последующее определение видового состава, численности, биомассы с использованием диатомового анализа [3] и световой микроскопии (микроскоп Carl Zeiss) проводили общеизвестными в гидробиологии методами [17].

1. Гидроморфологическая характеристика и экспертная оценка степени урбанизации исследуемых водоемов городов Киева и Житомира

Водоемы	Степень урбанизации		Гидроморфологическая характеристика				
	факторы	общее количество антропогенных факторов	длина, км	ширина, км	площадь, га	максимальная глубина, м	объем, тыс. м ³
Оз. Опечень II, г. Киев	1, 2, 3, 5а, 5б, 6а, 6б, 7, 8а	9	0,68	0,11— 0,40	18,7	12,0	2300,0
Соколовский пруд, г. Житомир	1, 2, 3, 4, 6б, 7, 8а, 8б	8	0,7	0,15	4,0	1,1	35,0
Пруд в парке «Нивки» г. Киева	1, 2, 3, 4, 6б, 7, 8а	7	0,19	0,40	1,3	1,3	—
Пруд на окраине г. Житомира	2, 3, 4, 7, 8а, 8б	6	0,8	0,15	18,5	7,4	627,5
Оз. Бабье (Труханов о-в, г. Киев)	7, 8а	2	1,7	0,04— 0,08	9,5	—	—

П р и м е ч а н и е. Оценка степени урбанизации прилегающих территорий проведена согласно [19], при которой учтены следующие факторы урбанизации: 1 — наличие в прибрежных защитных полосах промышленной или жилищной застройки; 2 — частичное или полное отсутствие прибрежных защитных полос; 3 — искусственное изменение морфометрических характеристик водоема; 4 — техногенная трансформация берегов (бетонирование берегов, дамбы); 5 — наличие в границах водоохранной зоны: 5 а — автомобильных дорог; 5 б — автостоянок и автозаправок; 6 — ливневый сток: 6 а — из промышленной застройки; 6 б — из жилищной застройки; 7 — рекреация; 8 — рыбохозяйственная деятельность: 8 а — любительское рыболовство; 8 б — промышленное разведение рыб и рыболовство; «—» — отсутствие данных.

Для уточнения видового диагноза центральных диатомовых водорослей использовали электронную микроскопию. Освобождение створок диатомей от органического вещества проводили методом холодного сжигания [1]. Приготовленные препараты исследовали с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-25S. Идентификацию видового состава и эколого-географическую характеристику водорослей проводили согласно [8, 20]

Результаты исследований и их обсуждение

Обобщающий анализ приведенной информации по исследованным водоемам показывает, что степень урбанизации, влияющей на экосистемы внутренних водоемов, не зависит от величины городской агломерации, определяется конкретными локальными антропогенными факторами.

Так, в Киеве наибольшему антропогенному воздействию подвержены оз. Опечень II и пруд в парке «Нивки», в Житомире — Соколовский пруд и рыбобоводный пруд на городской окраине, а наименьшему антропогенному прессу подвержена экосистема оз. Бабьего.

Определение видового состава центрических диатомей с помощью световой микроскопии и уточнение их диагнозов с помощью сканирующей электронной микроскопии позволили выявить в городских водоемах 17 видовых таксонов, относящихся к восьми родам, трем семействам и трем порядкам центрических водорослей.

Независимо от типа городской агломерации, степени урбанизации и, соответственно, величины антропогенного пресса на водоемы, центрические водоросли были представлены мелкоклеточными видами. Список видов центрических диатомей планктона городских агломераций с обозначением новых для городских агломераций видов, а также размеры клеток по литературным данным и натурным измерениям приведены в табл. 2.

В водоемах городских агломераций впервые были обнаружены пять видов центрических диатомей — *A. subarctica*, *C. ocellata*, *H. comta*, *S. minutulus*, *C. weissflogii*). Ниже представлены микрофотографии новых видов, полученные с помощью сканирующей электронной микроскопии (рисунок), а также их краткие диагнозы. Индикационные характеристики для новых видов приведены согласно [6].

Aulacoseira subarctica (O. Müller) Haworth emend. Genkal (рис. 1, 1), *Melosira italica* subsp. *subarctica* O. Müller, *Melosira italica* subsp. *subarctica* f. *curvata* O. Müller, *Aulacoseira italica* ssp. *subarctica* (O. Müller) Simonsen. Створка диаметром 8,2 мкм, высотой 2,9 мкм, рядов ареол 20 в 10 мкм, ареол в ряду 15 в 10 мкм. Эколого-географические характеристики: планктонный, северо-альпийский, индифферент, алкалофил.

Cyclotella ocellata Pantocsek emend. Genkal et Popovskaya (рис. 1, 2, 3). Створки диаметром 8,6—17,0 мкм, штрихов 15—20 в 10 мкм. Эколого-географические характеристики: планктонный, бореальный, индифферент, α -сапроб.

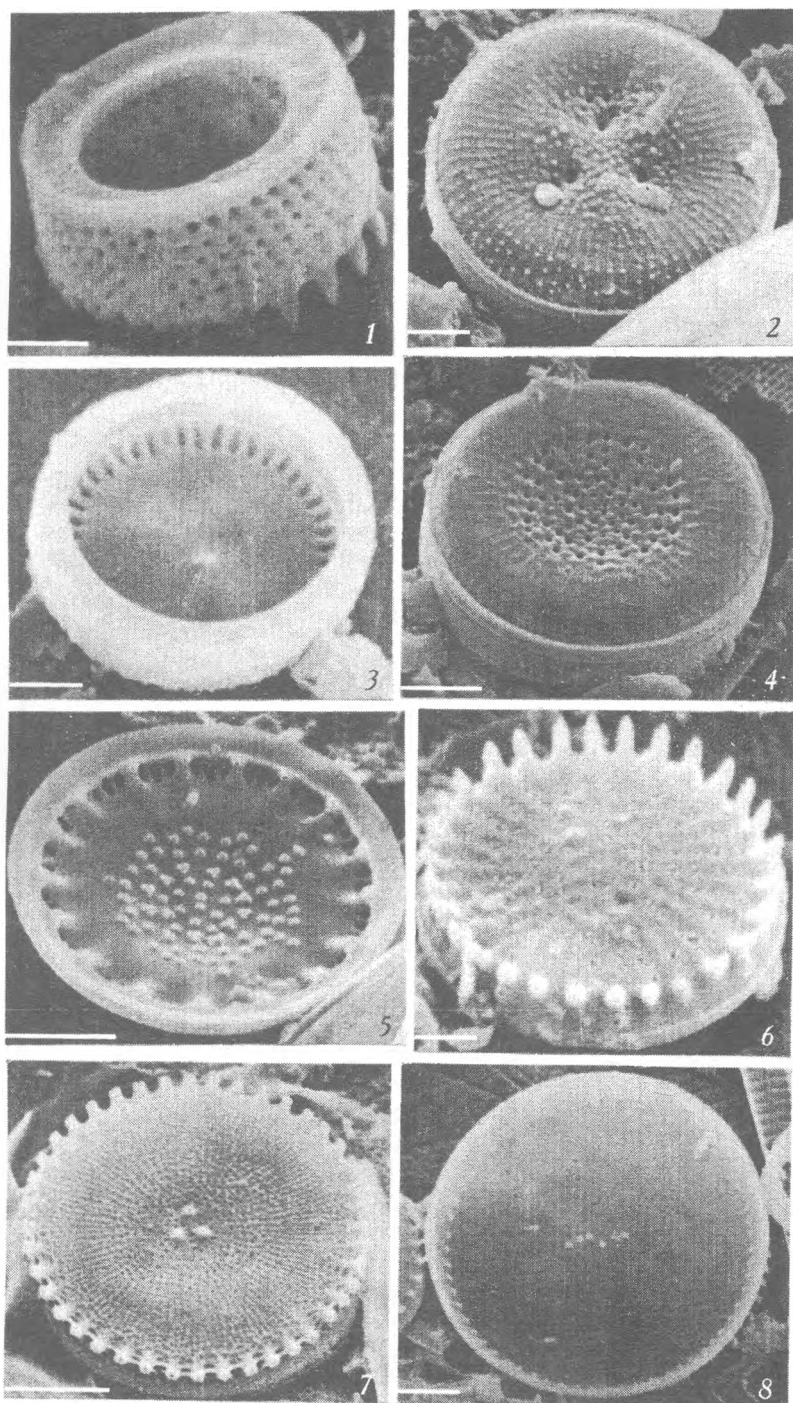
Handmannia comta (Ehrenberg) Kociolek et Khursevich emend. Genkal (рис. 1, 4, 5) — *Handmannia comta* (Ehrenberg) Kociolek et Khursevich, *Discostella comta* Ehrenberg, *Cyclotella comta* (Ehrenberg) Grunow, *Cyclotella comta* var. *radiosa* Grunow, *Cyclotella radiosa* (Grunow) Lemmerman, *Cyclotella balatonis* Pantocsek, *Cyclotella balatonis* var. *binotata* Pantocsek, *Cyclotella bodanica* Eulenstein, *Cyclotella comta* f. *genuina* (Pantocsek) Cleve-Euler, *Cyclotella comta* var. *binotata* (Pantocsek) Cleve-Euler, *Cyclotella dahurica* Kaczaeva, *Cyclotella radiosa* (Grunow) Lemmerman, *Cyclotella radiosa* (Grunow) Lemmerman sensu Kozirenko et al., 1992, *Cyclotella praetermissa* Lund sensu Tuji, Houki 2001, *Puncticulata comta* (Ehrenberg) Hekansson, *Puncticulata radiosa* (Lemmerman) Hekansson, *Puncticulata praetermissa* (Lund) Hekansson sensu Tanaka, Nagumo 2004, 2007, 2009, Kobaysi et al., 2006, *Cyclotella comta* (Ehrenberg) Kützing, *Cyclotella radiosa* (Grunow) Lemmerman, *Cyclotella balatonis* Pantocsek, *Handmannia*

2. Видовой состав, встречаемость и размеры центрических диатомовых водорослей водоемов городских агломераций (идентифицированы в 2016 г.)

Виды	Размеры клеток (диаметр, мкм)		г. Житомир		г. Киев			Литературные данные	
	по литературным данным [7, 21]	по натурным измерениям	Соколовский пруд	пруд на окраине	пруд в парке «Нивки»	оз. Бабы	оз. Опечень II	водоемы городских агломераций Украины [5, 7, 16, 18]	другие типы водоемов Украины [2, 7, 11, 12, 20]
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen	5,7—8,8	6,4—10,0	—	—	—	+	—	+	+
<i>A. granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	4,3—18,8	10,0—15,5	+	+	+	+	+	+	+
<i>A. subarctica</i> (Otto Müller) E.Y.Haworth*	5,7—6,4	8,2	—	—	—	+	—	—	+
<i>A. subborealis</i> (G. Nygaard) L. Denys, K. Muylaert & K. Krammer	5,3—7,9	7,3—7,7	—	+	—	+	—	+	+
<i>Cyclostephanos dubius</i> (Hustedt) Round	6,4—21,4	20,7—24,4	+	+	+	+	—	+	+
<i>Cyclotella atomus</i> Hustedt	5,0—9,1	7,3—8,2	+	—	+	+	—	+	+
<i>C. meneghiniana</i> Kützing	8,5—37,8	6,7—25,5	+	+	+	+	+	+	+
<i>C. ocellata</i> Pantocsek*	6,0—24,0	8,6—17,0	—	—	—	+	—	—	+
<i>Discostella pseudostelligera</i> (Hustedt) Houk & Klee	3,3—12,7	4,0—6,5	+	—	—	+	—	+	+

Виды	Размеры клеток (диаметр, мкм)		г. Житомир		г. Киев			Литературные данные	
	по литературным данным [7, 21]	по натурным измерениям	Соколовский пруд	пруд на окраине	пруд в парке «Нивки»	оз. Бабы	оз. Опечень II	водоемы городских агломераций Украины [5, 7, 16, 18]	другие типы водоемов Украины [2, 7, 11, 12, 20]
<i>Handmannia comta</i> (Ehrenberg) Kociolek & Khursevich*	8,0—50,0	10,9—28,9	—	—	—	+	—	—	—
<i>Melosira varians</i>	12,0—38,6	22,2—32,8	+	+	—	+	—	+	+
<i>Stephanodiscus delicatus</i> S. I. Genkal	8,2—15,0	9,5—10,0	+	—	—	+	—	+	+
<i>S. hantzschii</i> Reinsch	9,4—32,2	9,5—33,3	+	+	+	+	+	+	+
<i>S. invisitatus</i> Hohn & Hellermann	10,0—17,0	11,8—12,8	+	+	+	+	—	+	+
<i>S. minutulus</i> (Kützing) Cleve & Müller*	6,4—7,6	9,0—11,8	+	+	+	+	+	—	+
<i>Thalassiosira faurii</i> (Gasse) Hasle	13,6—37,8	17,0—30,0	+	+	—	+	—	+	+
<i>Conticribra weissflogii</i> (Grunow) S. Stachura-Suchoples & D. Williams*	18,9—27,8	15,4—27,8	+	—	+	—	—	—	+

Примечание. «—» вид в водоемах не встречался; «+» вид встречался в водоемах; «*» вид впервые приводится для водоемов городских агломераций.



Электронные микрофотографии (СЭМ): 1 — *Aulacoseira subarctica*; 2, 3 — *Cyclotella ocellata*; 4, 5 — *Handmannia comta*; 6 — *Stephanodiscus minutulus*; 7, 8 — *Conticribra weissflogii*; 1, 2, 4, 6, 7 — створки с наружной поверхности; 3, 5, 8 — створки с внутренней поверхности. Масштаб: 1—3, 6 — 2 мкм; 4, 5, 7, 8 — 5 мкм.

3. Видовое разнообразие и количественные показатели развития центрических диатомовых в фитопланктоне городских агломераций (2016 г.)

Показатели	Водоёмы				
	оз. Бабье, г. Киев	пруд на окраине г. Житомира	пруд в парке «Нивки», г. Киев	Соколовский пруд, г. Житомир	оз. Опечень II, г. Киев
Общее количество видов фитопланктона/Количество видов Bacillariophyta	<u>154 (158)</u> 45	<u>152 (160)</u> 41	<u>156 (146)</u> 51	<u>156 (161)</u> 54	<u>100 (105)</u> 26
Количество новых видов Centrophyceae/Доля от общего количества Centrophyceae, %	<u>4</u> 25	<u>1</u> 11	<u>2</u> 25	<u>2</u> 17	<u>1</u> 25
Численность Bacillariophyta, млн. кл/дм ³ /Доля от общей численности фитопланктона, %	<u>0,14</u> 17	<u>0,47</u> 10	<u>0,86</u> 16	<u>1,21</u> 18	<u>0,70</u> 6
Численность Centrophyceae, млн. кл/дм ³ / Доля от общей численности Bacillariophyta, %	<u>0,14</u> 40	<u>0,36</u> 57	<u>0,36</u> 43	<u>1,17</u> 89	<u>0,02</u> 6
Биомасса Bacillariophyta, г/м ³ / Доля от общей биомассы фитопланктона, %	<u>0,47</u> 25	<u>1,20</u> 16	<u>0,72</u> 17	<u>1,61</u> 30	<u>0,31</u> 9
Биомасса Centrophyceae, г/м ³ / Доля от общей биомассы Bacillariophyta, %	<u>0,34</u> 40	<u>1,14</u> 65	<u>0,43</u> 51	<u>1,57</u> 90	<u>0,02</u> 7

radiosa (Grunow) Kociolek et Khursevich. Створки диаметром 10,9—28,9 мкм, штрихов 12—14 в 10 мкм. Эколого-географические характеристики: планктонный, северо-альпийский, галофоб, индифферент, о-олигосапроб.

Stephanodiscus minutulus (Kützing) Cleve et Müller (рис. 1, 6). — *Cyclotella minuta* Kützing, *Stephanodiscus astraea* var. *minutulus* (Kützing) Grunow, *Stephanodiscus perforatus* Genkal et Kuzmin. Створки диаметром 9,0—11,8 мкм, штрихов 9 в 10 мкм. Эколого-географические характеристики: планктонный, бореальный, индифферент, алкалофил, α-сапроб.

Conticribra weissflogii (Grunow) S. Stachura-Suchoples & D. Williams (рис. 1, 7, 8). — *Micropodicus weissflogii* Grunow, *Thalassiosira fluviatilis* Hustedt, *T. hustedtii* Poretzky et Annissimova. Створки диаметром 15,4—27,8 мкм, краевых выростов 8—11 в 10 мкм. Эколого-географические характеристики: планктонный, широко-бореальный, галофоб, α-сапроб.

В целом в фитопланктоне городских прудов было обнаружено 344 вида (362 внутривидовых таксона) водорослей. Численность фитопланктона в водоемах Киева колебалась от 0,48 до 354,32 млн. кл/дм³, Житомира — от 0,15 до 46,53 млн. кл/дм³, биомасса — соответственно от 0,13 до 126,10 и от 0,11 до 77,78 мг/дм³.

В таблице 3 приведены качественные и количественные характеристики разнообразия фитопланктона исследованных водоемов городов Киева и Житомира, в том числе данные по центрическим формам, включая новые виды, которые составляют до 25% флористического разнообразия Centrophyceae.

Необходимо отметить, что зависимость количества новых видов мелкоклеточных центрических диатомей от типа городской агломерации и степени урбанизации, а соответственно, и антропогенного пресса на водные экосистемы, отсутствует. Подтверждением является то, что среди новых видов по сапробиологической характеристике встречаются как о-, о-β-сапробы, так и α-сапробы. Для всех новых видов были характерны мелкоклеточные формы, размеры которых колебались от 8,2 до 28,9 мкм.

Учитывая, что из обнаруженных новых видов *H. comta* и *C. weissflogii* встречаются в значительных количествах, можно предположить, что их роль как в численности, так и в биомассе Centrophyceae весьма существенна, тем более с учетом того факта что чем мельче объем клетки водоросли, тем выше ее продукционные характеристики [22].

Особый интерес вызывает присутствие практически во всех прудах обеих городских агломераций представителей р. *Thalassiosira*, являющихся типичными солоноватоводными формами. Очевидно, что их вегетация указывает на увеличение минерализации воды, что характерно и для других водоемов и водотоков Украины [13].

Заключение

Исследования фитопланктона водоемов урбанизированных агломераций показали, что как в многомиллионном мегаполисе (Киев), так и в значительно меньшем городе (Житомир) степень антропогенного воздействия на их экосистемы зависит от количества локальных антропогенных факторов.

Уточняющий диагноз видового разнообразия центрических диатомей, проведенный с помощью электронной микроскопии, позволил обнаружить пять новых для городских агломераций видов. Установлено, что все новые виды были представлены мелкоклеточными — от 8,2 до 28,9 мкм — формами, на долю которых приходится от 13 до 25% флористического разнообразия *Centrophyceae*. Поскольку некоторые из них развиваются в массовых количествах, их роль в формировании численности и биомассы фитопланктона существенна.

Нахождение в планктоне мелкоклеточных центрических диатомей, натурные размеры многих из которых меньше приведенных в литературных источниках, указывает на значительное антропогенное воздействие на водоемы городских агломераций. Мелкоклеточные формы характеризуются высокими продукционными показателями, что является одним из механизмов адаптации автотрофного звена водной экосистемы к антропогенному воздействию. Нахождение в планктоне городских водоемов солонатоводных видов р. *Thalassiosira* является еще одним адаптационным механизмом к антропогенному фактору на экосистемном уровне.

Таким образом, использование электронной микроскопии позволило выявить мелкоклеточные центрические формы диатомей, что указывает на существенное антропогенное воздействие на фитопланктон городских агломераций, а также позволяет установить некоторые составляющие механизмов адаптации автотрофного звена водных экосистем к антропогенному воздействию.

**

Методами світлової та скануючої електронної мікроскопії виявлено 17 видів дрібноклітинних центричних діатомових водоростей, із яких п'ять (*Aulacoseira subarctica*, *Cyclotella ocellata*, *Handmannia compta*, *Stephanodiscus minutulus*, *Conticribra weissflogii*) було вперше ідентифіковано для водойм різних міських агломерацій (Київ, Житомир). Наведено їхні фотоілюстрації, короткий морфологічний опис та еколого-географічну характеристику. Встановлено відсутність залежності кількості нових видів *Centrophyceae* від типу міської агломерації. Розвиток у планктоні міських водойм дрібноклітинних центричних діатомових, а також солонатоводних видів р. *Thalassiosira* є одним із адаптаційних механізмів фітопланктону до антропогенного впливу.

**

With the help of light and electronic microscopy 17 species of small-celled centric diatoms have been found, out of which five (*Aulacoseira subarctica*, *Cyclotella ocellata*, *Handmannia compta*, *Stephanodiscus minutulus*, *Conticribra weissflogii*) have been identified for the first time for water reservoirs different urban agglomerations (Kyiv city, Zhytomyr city). The photographic illustrations, short morphological description and ecological and geographical characteristics are given. It has been found that the number of new species of

Centrophyceae does not depend upon the urban agglomeration type. Presence of small-celled centric diatoms, as well as brackish-water species from the Thalassiosira Cl. genus in the urban water-bodies' phytoplankton is one of phytoplankton' adaptation mechanisms to human impact.

1. Балонов И. М. Подготовка водорослей к электронной микроскопии // Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. — М.: Наука, 1975. — С. 87—89.
2. Бухтиярова Л. М., Вассер С. П. Діатомові водорості (Bacillariophyta) континентальних водойм України. — К.: Наук. думка, 1999. — 80 с.
3. Діатомовий аналіз. Кн. 1. Общая и палеоботаническая характеристика диатомовых водорослей / Под общ. ред. А. Н. Криштофовича. — Л.: Госгеоліздат, 1949. — 240 с.
4. Екологічні проблеми Київських водойм і прилеглих територій / За ред. О. В. Романенка. — К.: Наук. думка, 2015. — 191 с.
5. Клоченко П. Д., Горбунова З. Н., Харченко Г. В. та ін. Особливості екологічного стану горіховатських ставків // Наук. вісн. нац. аграр. ун-ту. — 2006. — Вип. 95, Ч. 1. — С. 54—65.
6. Корнева Л. Г., Генкал С. И. Таксономический состав и эколого-географическая характеристика фитопланктона волжских водохранилищ // Каталог растений и животных водоемов бассейна Волги / Отв. ред. В. Н. Яковлев. — Ярославль: Изд-во Ярослав. гос. ун-та. — 2000. — С. 5—112.
7. Майстрова Н. В., Генкал С. И., Щербак В. И., Семенюк Н. Е. Centrophyceae верхней части Каиевского водохранилища (Украина) // Альгология. — 2007. — Т. 17, № 4. — С. 467—475.
8. Определитель диатомовых водорослей России / Отв. ред. Н. И. Дорофеев. — Ярославль: Филлигрань, 2016. — 803 с.
9. Охалкин А. Г., Юлова Г. А., Старцева Н. А. Состав и эколого-флористическая характеристика фитопланктона малых водоемов урбанизированных территорий (на примере города Нижнего Новгорода) // Ботан. журн. — 2002. — Т. 87, № 2. — С. 78 — 88.
10. Охалкин А. Г., Старцева Н. А. Динамика видовой структуры фитопланктона малых водоемов урбанизированных территорий: видовое разнообразие и размерная структура сообществ // Биология внутр. вод. — 2005. — № 2. — С. 29—33.
11. Разнообразие водорослей Украины / Под ред. С. П. Вассера, П. М. Царенко // Альгология. — 2000. — Т. 10, № 4. — 309 с.
12. Растительность и бактериальное население Днепра и его водохранилищ / Отв. ред. Н. В. Кондратьева. — Киев: Наук. думка, 1989. — 232 с.
13. Романенко В. Д. Комплексна оцінка екологічного стану басейну Дніпра. — К.: Б. в., 2000. — 100 с.
14. Семенюк Н. Є. Фітопланктон різнотипних водойм м. Києва: Автореф. дис. ... канд. біол. наук. — К., 2007. — 21 с.

15. Трифонова И. С., Павлова О. А. Структура и сукцессия фитопланктона урбанизированных водоемов Санкт-Петербурга // Гидробиол. журн. — 2005. — Т. 41, № 1. — С. 3—12.
16. Царенко П. М., Якубенко Б. Є., Клоченко П. Д., Медвідь В. О. Альгофлора водойм м. Києва та його околиць // Наук. вісн. нац. аграр. ун-ту. — 2004. — Вип. 72. — С. 56—66.
17. Щербак В. І. Методи визначення характеристик головних угруповань гідробіонтів водних екосистем. 1. Фітопланктон // Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / За ред. В.Д. Романенка. — К.: ЛОГОС, 2006. — С. 8—27.
18. Щербак В. І., Генкал С. І., Майстрова Н. В., Семенюк Н. Є. Центричні діатомові (Centrophyceae) різнотипних водойм урбанізованих територій // Природничий альманах: Сер. Біол. науки. — Херсон: Персей, 2006. — Вип. 8. — С. 309—315.
19. Щербак В. І., Семенюк Н. Є. Індикація впливу урбанізації на водойми за різноманіттям фітопланктону // Доп. НАН України. — 2006. — № 12. — С. 170—175.
20. *Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography*. Vol. 2. Bacillariophyta / Ed. by P. M. Tsarenko, S. P. Wasser, E. Nevo. — Ruggell: Ganter Verlag, 2009. — 413 p.
21. Genkal S. I., Mikheyeva T. M., Kulikovskiy M. S., Lukyanova Ye. V. Diatoms (Bacillariophyta) of the Svisloch River (Belarus): Report 1. Centrophyceae // Hydrobiol. J. — 2010. — Vol. 46, N 3. — P. 20—35.
22. Shcherbak V. I. Photosynthetic activity of dominant species of the Dnieper river phytoplankton // Ibid. — 1999. — Vol. 36, N 2. — P. 11—22.

¹Інститут гідробіології

НАН України, Київ

²Інститут біології внутрішніх

вод РАН, Борок, РФ

Поступила 24.01.18