

Різноманіття та екологічні характеристики водоростей водної товщі суббасейну крупних придунайських озер в осінньо-зимовий період (Україна)

Щербак В.І., Семенюк Н.Є., Луценко Д.А.

Інститут гідробіології НАН України,

просп. Героїв Сталінграда, 12, Київ 04210, Україна

ek424nat@ukr.net; natasemenyuk@gmail.com; ecowaterkma@gmail.com

Щербак В.І. (<https://orcid.org/0000-0002-1237-6465>)

Семенюк Н.Є. (<https://orcid.org/0000-0003-4447-3507>)

Луценко Д.А. (<https://orcid.org/0000-0002-9399-2250>)

Надійшла до редакції 28.06.2022. Після доопрацювання 28.07.2022. Підписана до друку 28.07.2022.
Опублікована 29.09.2022

Реферат. Досліджено структурні й функціональні складові різноманіття та екологічні характеристики водоростей водної товщі крупних придунайських озер Кагул, Каргал, Ялпуг, Кугурлуй, Катлабух і Китай у пізньоосінній–зимовий період 2019–2020 рр. У цілому таксономічне різноманіття водоростей товщі води нараховувало 188 видів, представлених 191 внутрішньовидовим таксоном (ввт) з 7 відділів, 14 класів, 30 порядків, 61 родини та 108 родів. За видовим і внутрішньовидовим різноманіттям водоростей озера ранжуються в порядку: Ялпуг (78) > Китай (76) > Кагул (75) > Кугурлуй (55) > Катлабух (23) > Каргал (16 ввт). Наймасовішими виявилися *Bacillariophyta*, *Chlorophyta* та *Cyanobacteria*. За біотопічною приуроченістю 45% складала планктонні форми, бентосні – 24%, форми обростань – 5%, літоральні – 15% і евритопні – 11%. За галобністю в озерах домінували види-індиференти, а за відношенням до рН – алкаліфіли. Коефіцієнти видової подібності Серенсена та рангової кореляції Кендела для провідних родин були досить низькими – 0,18–0,43 та 0,45–0,57 відповідно, що свідчить про суттєву відмінність водоростевих угруповань у досліджуваних озерах. Чисельність водоростей становила 2853–360325 тис. · кл/дм³,

Citation. Shcherbak V.I., Semeniuk N.Ye., Lutsenko D.A. 2022. Diversity and ecological characteristics of algae in the water column of the large of Danubian lakes sub-basin (Ukraine) in autumn-winter season. *Algologia*. 32(3): 183–206. <https://doi.org/10.15407/alg32.03.183>

© Щербак В.І., Семенюк Н.Є., Луценко Д.А., 2022

біомаса 0,876–64,113 г/м³. За кількісними показниками планктонних водоростевих угруповань та біомасою *Cyanobacteria* придунайські озера характеризуються як евтрофні озерні екосистеми.

Ключові слова: суббасейн крупних придунайських озер, водоростеві угруповання водної товщі, видове і таксономічне різноманіття, чисельність, біомаса, трофічний статус, якість водного середовища, органічний детрит

Вступ

До континентальних водних об'єктів планетарного значення, де провідну роль у формуванні біорізноманіття, потоків енергії, колообігу речовин, якості водного середовища відіграють водоростеві угруповання, відносяться також крупні озерні екосистеми (Chaffin et al., 2014; Török et al., 2017).

В Україні є два унікальних озерних комплекси. У поліській зоні – озера Шацького національного парку (Khomik, 2013), у південно-західній частині Одеської обл. – низка великих озер лівобережної заплави головної транскордонної річки Європи – Дунаю. За течією річки озера мають наступне географічне розміщення: Кагул, Картал, Ялпуг, Кугурлуй, Катлабух і Китай. Виходячи з басейнового принципу управління масивами поверхневих вод України (Постанова КМ України № 758, Додаток 1, озера), в межах української частини Дунаю вони виділяються в окремий суббасейн – великі придунайські озера, які, за Рамсарською конвенцією (Convention..., 1971), є унікальними європейськими водно-болотними угіддями, що мають загальносвітове природоохоронне значення.

Перші дослідження їхніх водоростевих угруповань були розпочаті в серпні 1949 і 1958 рр. на озерах Кагул, Ялпуг, Кугурлуй, Катлабух і Китай. Так, у серпні 1949 р. кількість видів по озерах коливалася від 1 до 84 таксонів з найбільшою кількістю – 154 в оз. Китай. Аналогічні дані отримані також у серпні 1958 р. Основу видового багатства й флористичного спектру складали *Chlorophyta*, *Bacillariophyta* та *Cyanophyta*. Біомаса коливалася від 0,001 до 0,447 г/м³ (1949 р.) і 0,052–0,408 г/м³ (1958 р.) з максимальними значеннями в оз. Китай, на 60–97% сформована з *Cyanophyta* з домінуванням *Aphanizomenon elenkini* Kissel, *A. flos-aquae* (L) Ralfs, *Anabaena hassalii* (Kütz.) Wtz. (Roll, 1961).

Дослідження фітопланктону придунайських озер продовжилися у 1963–1965 рр. (Kostikova, 1969). Узагальнені результати цих досліджень показали в основному ті ж закономірності, що й в роботі Я.В. Ролла (1961).

Згідно з О.І. Івановим (Hydroecology..., 1993), упродовж другої половини ХХ ст. дослідження водоростей придунайських озер мали

фрагментарний характер, або ж зводилися до узагальнення згаданих вище літературних джерел.

Після тривалого часового інтервалу опубліковано декілька робіт з видового складу водоростей (за винятком зими) за 2000–2002 рр. (Gerasymiuk, Gerasymiuk, 2009) та з більш детальними даними – за 2013–2014 рр. (Gerasymiuk, 2020). Також встановлено (Gusliakov, Kosenko, 2001), що водорості придунайських озер мають суттєве значення в живленні риби.

У той же час на сьогодні практично відсутні системні дані щодо структурно-функціональної організації різноманіття водоростевих угруповань крупних придунайських озер у пізньоосінній–зимовий періоди. Нагальність таких досліджень зумовлена тим, що ці періоди несприятливі для вегетації водоростей (низька температура води, зменшення інтенсивності сонячної інсоляції та рівня води після літнього її випаровування та забору для іригаційних потреб Одеського регіону). За таких умов може зростати негативний прояв антропогенного навантаження на водоростеві компоненти біоти.

Актуальність осінньо-зимових досліджень пов'язана також з тим, що глобальні зміни клімату суттєво змінили загальноприйняті поняття щодо вегетаційних сезонів. Показано (Shcherbak, 2019), що у водосховищах Дніпровського каскаду температура води, характерна для початку «біологічного літа» (від 15,0 °C і вище), може реєструватися навіть наприкінці жовтня.

Мета роботи – дослідити структурно-функціональну організацію різноманіття та екологічні характеристики водоростевих угруповань суббасейну крупних придунайських озер в осінньо-зимовий період, оцінити якість водного середовища та проаналізувати трофічну роль органічного детриту.

Матеріали та методи

Нижче представлено комплексні оригінальні дані, отримані в суббасейні шести крупних придунайських озер (рис. 1) упродовж пізньоосіннього–зимового періоду 2019–2020 рр.

Відбір альгологічних¹, гідрофізичних і гідрохімічних проб проводили з використанням батометра Рутнера з горизонту 0,25 м на літоральних і пелагіальних постійних озерних станціях.

Визначали фізичні (температура) та хімічні (рН, вміст розчиненого кисню, мг О₂/дм³) абіотичні чинники; насичення води киснем (%),

¹ Враховувалися всі видові й внутрішньовидові таксони водоростей, які в момент відбору проб знаходилися у водній товщі.

розраховане за конкретних температур; мінералізацію (мг/дм^3); солоність (‰). Дослідження проводили з використанням приладу Water Quality Meter AZ 86031.

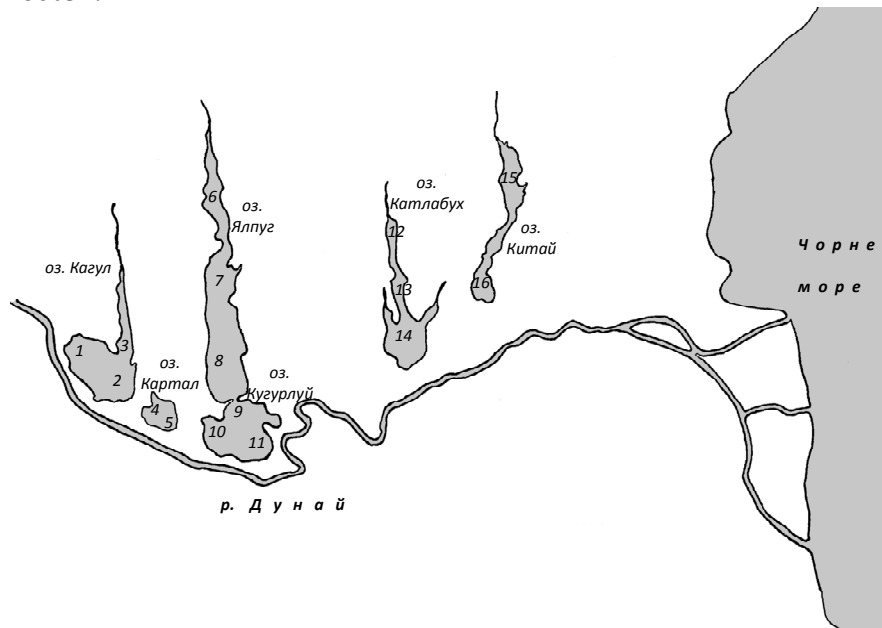


Рис. 1. Карта-схема крупних придунайських озер зі стаціонарними станціями спостережень (1–16)

Камеральне опрацювання альгологічних проб здійснювали за методикою, описаною в літературі (Shcherbak, 2006). Зі структурних характеристик визначали видовий склад, кількість внутрішньовидових таксонів (ввт) і таксономічне різноманіття більш високого рангу (кількість родів, родин, порядків, відділів). Таксономічну номенклатуру наведено за Міжнародним електронним каталогом *AlgaeBase* (Guiry, Guiry, 2022). Автори видів наведені в списку. З функціональних показників визначали чисельність (N , тис. кл/дм³) та біомасу (B , мг/дм³). Домінуючими вважали види, які складали від 5% і вище загальної чисельності чи біомаси альгопроби (Shcherbak, 2006). Визначали індекси Серенсена (Shcherbak, 2006) та Кендела (Shmidt, 1980).

Екологічні характеристики: біотопічну приуроченість, галобність, відношення до рН наведено за роботою: Varinova et al., 2006.

Якість водного середовища оцінювали за сапробіологічною характеристикою водоростей та індексами Пантле-Букк у модифікації Сладечека (Shcherbak, 2006). Органічний детрит визначали за розробленою оригінальною методикою (Shcherbak et al., 2016).

Результати та обговорення

Важливими чинниками, що визначають різноманіття водоростевих угруповань, є абіотичні складові озерних екосистем. Наводимо основні з них.

Гідроморфологічні характеристики придунайських озер. Лівий берег р. Дунай являв собою заплаву, яка періодично затоплювалася річковими водами під час високих паводків. У 60-х рр. минулого століття з метою захисту цієї території від затоплення було споруджено дамбу. Гідравлічний зв'язок між річкою та озерами здійснювався за допомогою каналів зі шлюзами. На сьогодні це озера з регульованим водним режимом. Іноді озеро Ялпуг–Кугурлуй, яке є найбільшим озером у цьому регіоні, розглядається як два окремі озера – Ялпуг і Кугурлуй (Vyshnevskiy et al., 2019).

У табл. 1 наведено проектні величини, розраховані 50 років тому. На сьогодні площі придунайських озер вважаються на 10% меншими за проектні (Vyshnevskiy et al., 2019). За нашими спостереженнями, постійний льодовий покрив у зимовий період відсутній.

Таблиця 1. Гідроморфологічні характеристики придунайських озер (Vyshnevskiy et al., 2019)

Озеро	Площа, км ²	Об'єм, млн · м ³		Середня глибина, м
		загальний	корисний	
Кагул	99,2	240,0	142,0	2,42
Картал	23,3	35,6	27,0	1,53
Ялпуг–Кугурлуй	268	670,0	250,0	2,50
Катлабух	68,5	131,0	68,5	1,91
Китай	60,0	125,0	52,5	2,08

Через низький рівень води озера Картал, Кугурлуй, Ялпуг і Китай наповнюються водою з р. Дунай через шлюзи Прорва, Окунда та Кофа, а оз. Катлабух – через Желявський та Суспільний шлюзи. Але надходженню води до озера перешкоджає замулення каналів (Gerasymiuk, 2020). За існуючої гідроморфологічної ситуації збільшується роль внутрішніх процесів, що відбуваються у водоймах, із провідним значенням водоростевих угруповань.

Температурний режим. Проведені дослідження підтверджують зміни клімату України за останні десятиліття, що проявляється в значному підвищенні температури в осінньо-зимовий період. Так, у листопаді 2019 р. температура води в оз. Кагул коливалася в межах +13,0–13,5 °С через відносно високу (до +15,0 °С) температуру повітря в Одеській області.

Позитивними були й зимові температури впродовж лютого–грудня 2020 р.: в озерах Ялпуг–Кугурлуй $+0,4\text{--}0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, в Катлабух, Китай, Картал $+0,4\text{--}1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, а найвищими температурами до $+3,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ характеризувалася водна товща оз. Кагул через високу залишкову теплоємність водної товщі найглибшого й найбільшого за водним об'ємом озера.

Позитивні температури зумовили формування тільки прибережної льодової кромки з відсутністю льодового покриву акваторій, що, безперечно, було важливим визначальним чинником різноманіття водоростевих угруповань.

Мінералізація і солоність. Проведені оригінальні дослідження дозволили чітко розділити озерні екосистеми на два пули:

- прісноводні – озера Кагул, Картал, Катлабух та Ялпуг–Кугурлуй з мінералізацією води $163,0\text{--}788,0\text{ мг/дм}^3$ і солоністю $0,46\text{--}0,92\text{‰}$;
- солонуватоводні – оз. Китай з мінералізацією води в осінньо-зимовий період $1245,0\text{--}2044,0\text{ мг/дм}^3$ і солоністю $2,44\text{--}2,75\text{‰}$.

pH і вміст розчиненого кисню (табл. 2). Встановлено, що впродовж осінньо-зимового періоду мінімальні–максимальні показники pH становили $8,1\text{--}8,9$, що свідчить про лужний характер водних мас.

Таблиця 2. Багаторічні дані (мінімальні–максимальні, середні) величини pH і вмісту розчиненого кисню ($\text{мг O}_2/\text{дм}^3$) крупних придунайських озер у різні періоди досліджень

Озеро	Період досліджень									
	1983–1986 (Yenaki, Zhuravleva, 1987)		1993 (Hydroecology, 1993)		2019		2020		1983–2020	
	pH	O ₂	pH	O ₂	pH	O ₂	pH	O ₂	pH	O ₂
Кугур-луй	8,2–9,5	8,8–11,5	6,8–8,4	–	–	–	$\frac{8,3-8,7}{8,6}$	$\frac{12,8-13,3}{13,0}$	6,8–9,5	8,8–13,3
Катлабух	8,4–8,9	6,8–21,3	7,6–8,8	–	–	–	$\frac{8,3-8,9}{8,7}$	$\frac{9,8-11,8}{11,5}$	7,6–8,9	6,8–21,3
Китай	7,4–8,9	7,4–10,7	7,5–9,2	$\frac{9,1-10,3}{9,8}$	$\frac{8,7-8,9}{8,8}$	$\frac{9,1-10,3}{9,6}$	$\frac{8,3-8,8}{8,6}$	$\frac{9,8-10,8}{10,4}$	7,4–9,2	7,4–10,8
Кагул	8,4–9,7	8,6–18,2	7,6–8,4	–	$\frac{8,8-8,9}{8,8}$	$\frac{9,3-10,9}{9,8}$	$\frac{8,2-8,7}{8,5}$	$\frac{10,1-11,4}{10,6}$	7,6–9,7	8,6–18,2
Картал	–	–	–	–	–	–	$\frac{8,1-8,6}{8,3}$	$\frac{10,1-10,7}{10,4}$	8,1–8,6	10,1–10,7
Ялпуг	–	–	–	–	–	–	$\frac{8,4-8,8}{8,5}$	$\frac{9,8-10,5}{10,2}$	8,4–8,8	9,8–10,5

Примітка. Над рискою – мінімальні–максимальні величини, під рискою – середні; «–» – дані відсутні.

Вміст розчиненого в озерній воді кисню був високим і становив 9,1–13,3 мг $O_2/дм^3$, відповідно й насичення води киснем також було високим – 112,2–152,4%. Це зумовлено надходженням у воду кисню з атмосфери та фотосинтезом за позитивних температур і відсутністю льодового покриву.

Аналіз оригінальних і літературних даних показав, що в порівнянні з 80-ми рр. XX ст. спостерігається певна тенденція до зниження величин рН і вмісту у воді розчиненого кисню, що співпадає з даними 1993 р. Вважаємо, що це зумовлено погіршенням водообміну озер із р. Дунай.

Сприятливим для вегетації водоростей був також вміст біогенних елементів – неорганічних форм азоту та фосфору (Hydroecology..., 1993).

Проведений аналіз літературних і оригінальних даних показав, що основні абіотичні чинники в осінньо-зимовий період на сьогодні формують сприятливі умови для вегетації водоростевих угруповань у суббасейні великих придунайських озер із регульованим гідрологічним режимом.

Видовий склад і таксономічне різноманіття водоростевих угруповань водної товщі. Великі придунайські озера за морфологічно-гідрологічною особливістю відносяться до мілководних екосистем – від 1,53–1,91 до 2,08–2,50 м. Необхідно враховувати й те, що в сучасних умовах за глобальної зміни клімату осінньо-зимовий період характеризується підвищеною кількістю штормів зі значним перемішуванням водних мас від поверхні до дна. Таке перемішування сприяє переходу бентосних форм і форм обростань до планктону. Тому вважаємо, що, характеризуючи різноманіття водоростевої компоненти озер, використання терміну «фітопланктон» є не зовсім коректним; слід застосовувати більш загальне поняття – «водоростеві угруповання водної товщі».

Встановлено, що таксономічне різноманіття формувалося водоростями з 7 відділів, 14 класів, 30 порядків, 61 родини, 108 родів (табл. 3).

Найбільшим різноманіттям характеризувалися порядки: *Sphaeropleales* (35 ввт), *Naviculales* (29), *Bacillariales* (17), *Cymbellales* (17), *Synechococcales* (14), *Euglenida* (8), *Chromulinales* (8 ввт відповідно); родини: *Naviculaceae* (19), *Scenedesmaceae* (17), *Bacillariaceae* (17), *Cymbellaceae* (9), *Achnanthidiaceae* (7), *Selenastraceae* (7), *Euglenidae* (7 ввт); роди: *Navicula* (13), *Nitzschia* (11), *Cymbella* (7), *Desmodesmus* (5), *Monoraphidium* (5 ввт відповідно).

Отже, озера за кількістю ввт ранжуються в наступному порядку:

Ялпуг (78) > Китай (76) > Кагул (75) > Кугурлуй (55) > Катлабух (23) > Картал (16 видів і ввт відповідно). Найбільшою кількістю видів і внутрішньовидових таксонів були представлені відділи *Bacillariophyta* – 97 ввт (51%), *Chlorophyta* – 51 (27%) і *Cyanobacteria* – 21 (11%) відповідно. Інші відділи налічували від 1 до 9 ввт, що складало від 1 до 5% флористичного різноманіття.

Таблиця 3. Таксономічне різноманіття водоростей водної товщі придунайських озер в осінньо-зимовий період 2019–2020 рр.

Відділ	Клас	Порядок	Родина	Рід	Вид (ввт*)	Визначено до роду
CYANOBACTERIA	Cyanophyceae	<i>Nostocales</i>	1	1	1	–
		<i>Chroococcales</i>	1	1	3	–
		<i>Oscillatoriales</i>	3	3	3	–
		<i>Synechococcales</i>	5	10	14	–
Σ	1	4	10	15	21	–
BACILLARIOPHYTA	Coscinodiscophyceae	<i>Melosirales</i>	1	1	1	–
		<i>Aulacoseirales</i>	1	1	2	–
	Mediophyceae	<i>Stephanodiscales</i>	1	3	4	–
	Bacillariophyceae	<i>Fragilariales</i>	1	2	3	–
		<i>Licmophorales</i>	1	3	4	–
		<i>Mastogloiales</i>	1	2	3	–
		<i>Cymbellales</i>	5	9	17	–
		<i>Achnanthes</i>	2	5	8	–
		<i>Naviculales</i>	9	12	29	–
		<i>Thalassiosiphysales</i>	1	1	2	–
		<i>Bacillariales</i>	1	3	16 (17)	–
		<i>Rhopalodiales</i>	1	1	1	–
		<i>Surirellales</i>	2	4	5	–
	Bacillariophyta classis incertae sedis	<i>Bacillariophyta ordo incertae sedis</i>	1	1	1	–
Σ	4	14	28	48	96 (97)	–
CRYPTOPHYTA	Cryptophyceae	<i>Cryptomonadales</i>	1	1	2	–
		<i>Pyrenomonadales</i>	1	1	1	–
Σ	1	2	2	2	3	–
OCHROPHYTA	Eustigmatophyceae	<i>Goniocladoriales</i>	1	1	1	–
	Chrysophyceae	<i>Chromulinales</i>	2	6	8	1
Σ	2	2	3	7	9	1
CHAROPHYTA	Zygnematophyceae	<i>Desmidiaceae</i>	1	1	1	–
Σ	1	1	1	1	1	–
CHLOROPHYTA	Trebouxiophyceae	<i>Chlorellales</i>	2	5	7	–
		<i>Trebouxiophyceae ordo incertae sedis</i>	1	1	2	–
	Chlorophyceae	<i>Chlamydomonadales</i>	3	4	6	1
		<i>Sphaeropleales</i>	7	18	33 (35)	–
	Ulvophyceae	<i>Ulotrichales</i>	1	1	1	–
Σ	3	5	14	29	49 (51)	1

EUGLENOZOA	Peranemea	Natomonadida	1	1	1	–
	Euglenophyceae	Euglenida	2	5	8	–
Σ	2	2	3	6	9	–
Загалом	14	30	61	108	188 (191)	2

Примітка. * – Включаючи номенклатурний тип виду.

Представники *Euglenozoa* траплялися лише в озерах Картал і Китай. Відомо, що види цього відділу є індикаторами якості води, зокрема підвищеного вмісту органічних речовин. Отже, їхня наявність у товщі води вказує на певне антропогенне навантаження на озерні екосистеми.

В цілому, різноманіття водоростевих угруповань шести крупних придунайських озер в осінньо-зимовий період нараховувало 188 видів, представлених 191 ввт.

Таксономічне і флористичне різноманіття водоростевих угруповань, його розподіл по озерах представлено в табл. 4.

Таблиця 4. Таксономічне і флористичне різноманіття водоростевих угруповань водної товщі озер в осінньо-зимовий період 2019–2020 рр.

Відділ	Озеро					
	Кагул	Картал	Ялпуг	Кугурлуй	Катлабух	Китай
<i>Cyanobacteria</i>	<u>3</u> 4	<u>1</u> 6	<u>14</u> 18	<u>6</u> 11	<u>5</u> 22	<u>17</u> 23
<i>Bacillariophyta</i>	<u>43</u> 57	<u>5</u> 31	<u>33</u> 42	<u>32</u> 58	<u>5</u> 22	<u>21</u> 28
<i>Cryptophyta</i>	<u>3</u> 4	–	–	–	–	–
<i>Ochromytha</i>	<u>7</u> 9	<u>4</u> 25	<u>1</u> 1	<u>1</u> 2	–	<u>1</u> 1
<i>Charophyta</i>	–	–	–	–	<u>1</u> 4	<u>1</u> 1
<i>Chlorophyta</i>	<u>18</u> 24	<u>4</u> 25	<u>30</u> 38	<u>16</u> 29	<u>12</u> 52	<u>28</u> 36
<i>Euglenozoa</i>	<u>1</u> 1	<u>2</u> 13	–	–	–	<u>8</u> 11
Загалом	<u>75</u> 100	<u>16</u> 100	<u>78</u> 100	<u>55</u> 100	<u>23</u> 100	<u>76</u> 100

Примітка. Над рискою – кількість видів і внутрішньовидових таксонів, під рискою – % загальної кількості видів і ввт; «–» – представника відділу в озері не знайдено.

Екологічні характеристики (табл. 5). За біотопічною приуроченістю 80 ввт. (45%) складали планктонні форми, бентосні – 42 (24), форми обростань – 9 (5), літоральні – 27 (15) і евритопні – 20 (11). Особливістю водоростей в осінньо-зимовий період є те, що непланктонні форми налічували 98 ввт (55%). Порівняльний аналіз розподілу водоростей з різними екологічними характеристиками по досліджених озерах суттєвих відмінностей не встановив.

За показниками галобності в усіх озерах домінували види-індиференти – 107 ввт (69%), меншою кількістю були представлені галофіли – 16 (10), недиференційовані олігалофи – 17 (11), мезогалофи – 13 (8) і галофоби – 1 (1).

За рН в усіх озерах переважали алкаліфіли – 68 ввт (59%). Їхнє домінування чітко корелює з лужним рН в осінньо-зимовий період.

Таблиця 5. Екологічні характеристики водоростевих угруповань водної товщі придунайських озер в осінньо-зимовий період 2019–2020 рр.

Екологічні характеристики	Озеро						Усього в усіх озерах
	Кагул	Картал	Ялпуг	Кугурлуй	Катлабук	Китай	
Біотопічна приуроченість							
Планктонні	<u>26</u> 38	<u>10</u> 67	<u>41</u> 55	<u>23</u> 43	<u>13</u> 62	<u>37</u> 52	<u>80</u> 45
Бентосні	<u>17</u> 25	<u>2</u> 13	<u>14</u> 19	<u>12</u> 23	<u>3</u> 14	<u>12</u> 17	<u>42</u> 24
Обростання	<u>6</u> 9	–	<u>4</u> 5	<u>1</u> 2	–	<u>1</u> 1	<u>9</u> 5
Літоральні	<u>12</u> 18	<u>3</u> 20	<u>10</u> 13	<u>11</u> 21	<u>3</u> 14	<u>11</u> 15	<u>27</u> 15
Евритопні*	<u>7</u> 10	–	<u>6</u> 8	<u>6</u> 11	<u>2</u> 10	<u>10</u> 14	<u>20</u> 11
Галобність							
Галофоби	<u>1</u> 2	–	<u>1</u> 1	<u>1</u> 2	–	–	<u>1</u> 1
Індиференти	<u>40</u> 69	<u>6</u> 67	<u>45</u> 67	<u>32</u> 68	<u>10</u> 56	<u>37</u> 64	<u>107</u> 69
Галофіли	<u>6</u> 10	<u>1</u> 11	<u>7</u> 10	<u>3</u> 6	<u>2</u> 11	<u>7</u> 12	<u>16</u> 10
Недиференційовані олігогалоби	<u>5</u> 9	<u>2</u> 22	<u>11</u> 16	<u>7</u> 15	<u>4</u> 22	<u>9</u> 16	<u>17</u> 11
Мезогалоби	<u>6</u> 10	–	<u>3</u> 4	<u>4</u> 9	<u>2</u> 11	<u>5</u> 9	<u>13</u> 8

Відношення до pH							
Ацидофіли	$\frac{3}{6}$	–	$\frac{2}{5}$	$\frac{1}{3}$	–	–	$\frac{4}{3}$
Індиференти	$\frac{17}{35}$	$\frac{3}{50}$	$\frac{17}{40}$	$\frac{17}{49}$	$\frac{5}{50}$	$\frac{16}{42}$	$\frac{43}{37}$
Алкаліфіли	$\frac{28}{58}$	$\frac{3}{50}$	$\frac{24}{56}$	$\frac{17}{49}$	$\frac{5}{50}$	$\frac{22}{58}$	$\frac{68}{59}$

* – Види, приурочені більш ніж до однієї екологічної ніші.

Розраховані коефіцієнти Серенсена між водоростевими угрупованнями озер були досить низькими – від 0,18 до 0,43 (рис. 2). Це пояснюється різними екологічними умовами озер, зокрема, рівнем мінералізації, глибинами, погіршенням гідрологічного зв'язку з р. Дунай, заростанням акваторій вищими водними рослинами та гідрологічною ізолюваністю озер одне від одного.

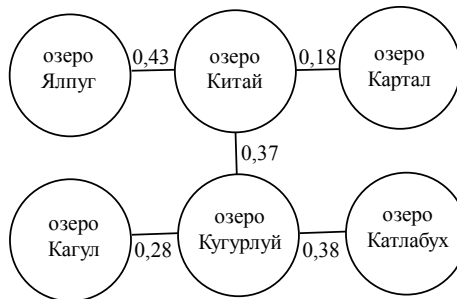


Рис 2. Дендрограма подібності видового складу водоростевих угруповань водної товщі придунайських озер за коефіцієнтом Серенсена

Для порівняння флористичної структури водоростей водної товщі за коефіцієнтом рангової кореляції Кендела (τ) складено перелік провідних родин, які формують ядро різноманіття водоростей, та визначено їхні рангові місця (табл. 6).

Отже, ранговий розподіл (τ) провідних родин в озерах суттєво відрізняється. За коефіцієнтами кореляції Кендела було побудовано дендрограму (рис. 3). Найбільше значення коефіцієнту Кендела ($\tau = 0,57$) відмічено між гідрологічно пов'язаними між собою озерами Ялпуг і Кугурлуй, найнижчий ($\tau = 0,16$) – між найвіддаленішими географічно озерами Кагул і Китай.

Наведені коефіцієнти Серенсена і Кендела вказують на видову й таксономічну відмінність водоростевих угруповань озер, що є важливою характеристикою унікальності їхнього різноманіття як резерватів збереження генофонду біорізноманіття континентальних водойм України.

У цілому, за таксономічним і флористичним різноманіттям водоростеві угруповання характеризувалися як діатомово-зелено-синьо-зелені.

Детальнішу інформацію наведено в електронному додатку «Видове й таксономічне різноманіття водоростевих угруповань водної товщі суббасейну придунайських озер в осінньо-зимовий період 2019–2020 рр. та їхня екологічна характеристика»*.

Таблиця 6. Провідні родини у водоростевих угрупованнях водної товщі придунайських озер

Родина	Озеро					
	Кагул	Каргал	Ялпуг	Кугурлуй	Катлабух	Китай
<i>Bacillariaceae</i>	8 (1)	1 (5,5)	5 (4,5)	5 (3)	–	4 (6)
<i>Scenedesmaceae</i>	7 (2)	2 (2,5)	9 (1)	5 (3)	5 (1)	9 (1)
<i>Naviculaceae</i>	6 (3)	1 (5,5)	6 (2,5)	9 (1)	2 (3,5)	6 (2,5)
<i>Dinobryaceae</i>	5 (4)	3 (1)	1 (10)	1 (8)	–	1 (10)
<i>Cymbellaceae</i>	4 (5,5)	–	3 (6)	1 (8)	–	1 (10)
<i>Achnanthidiaceae</i>	4 (5,5)	1 (5,5)	2 (8)	3 (5)	–	1 (10)
<i>Hydrodictyaceae</i>	4 (7)	–	2 (8)	2 (6)	2 (3,5)	2 (8)
<i>Selenastraceae</i>	2 (8)	1 (5,5)	5 (4,5)	5 (3)	3 (2)	5 (4,5)
<i>Euglenidae</i>	1 (9,5)	2 (2,5)	–	–	–	6 (2,5)
<i>Merismopediaceae</i>	1 (9,5)	–	2 (8)	1 (8)	1 (5,5)	5 (4,5)
<i>Oocystaceae</i>	–	–	6 (2,5)	–	1 (5,5)	3 (7)

Примітка. Перед дужкою – кількість видів у даній родині, у дужках – рангове місце родин водної товщі. Жирним шрифтом виділено родини, які займають перше рангове місце.

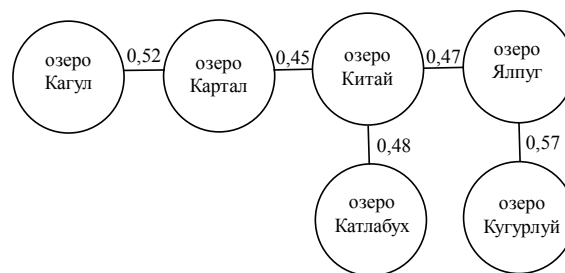


Рис. 3. Дендрограма подібності флористичної структури водоростей водної товщі придунайських озер на рівні родин за коефіцієнтом рангової кореляції Кендела

* Див. електронний додаток до статті на сайті <https://doi.org/10.15407/alg32.03.183>.

Кількісні характеристики. Аналіз показників чисельності, її структури (співвідношення відділів) і просторового розподілу по озерах дозволяє сформулювати декілька основних закономірностей.

1. В осінньо-зимовий період водоростеві угруповання характеризувалися високою чисельністю – від 2853–3864 до 301642–360325 тис. кл/дм³.

2. Ранжування озер від максимальних величин чисельності (оз. Китай) до мінімальних (оз. Кагул) має такий вигляд: Китай > Ялпуг > Катлабух > Картал > Курулгуй > Кагул.

3. В осінній і зимовий періоди провідна роль у формуванні чисельності в усіх озерах належала *Cyanobacteria* – 1152–2378436 тис. кл/дм³ (30–98%).

4. Як субдомінанти реєструвалися *Chlorophyta* – 960–56026 тис. кл/дм³ (16–25%) і *Bacillariophyta* – 738–1464 тис. кл/дм³ (>1–38%).

5. В цілому осінньо-зимові угруповання водоростей за чисельністю характеризувалися як типово монодомінантний синьозелений комплекс із зелено-діатомовими ознаками (табл. 7).

Таблиця 7. Чисельність (тис. кл/дм³) і структура (%) водоростевих угруповань придунайських озер в осінньо-зимовий період

Відділ	2019 р.		2020 р.							
	Кагул	Китай	Кагул	Картал	Ялпуг		Кугурлуй		Катлабух	Китай
	грудень	листопад	лютий	лютий	лютий	грудень	лютий	грудень	лютий	лютий
<i>Cyano-bacteria</i>	<u>1152</u> 30	<u>302453</u> 84	<u>1400</u> 29	<u>3520</u> 43	<u>257870</u> 85	<u>11470</u> 89	<u>3753</u> 50	<u>4845</u> 79	<u>27112</u> 77	<u>2378436</u> 98
<i>Bacillario-phyta</i>	<u>1464</u> 38	<u>738</u> *	<u>1467</u> 30	<u>330</u> 4	<u>21296</u> 7	<u>140</u> 1	<u>2138</u> 29	<u>255</u> 4	<u>1197</u> 3	<u>29949</u> 1
<i>Cryptophyta</i>	<u>72</u> 2	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Ochromytha</i>	<u>216</u> 6	<u>158</u> *	<u>4</u> *	<u>3251</u> 40	<u>200</u> *	–	<u>95</u> 1	–	–	–
<i>Charophyta</i>	–	<u>105</u> *	–	–	–	–	–	–	<u>7</u> *	–
<i>Chlorophyta</i>	960 25	<u>56026</u> 16	1960 41	<u>1012</u> 12	<u>22276</u> 7	<u>1243</u> 10	<u>1473</u> 20	<u>1013</u> 17	<u>6909</u> 20	<u>23790</u> 1
<i>Euglenozoa</i>	–	<u>846</u> *	<u>4</u> *	<u>17</u> *	–	–	–	–	–	<u>1866</u> *
Сума	<u>3864</u> 100	<u>360325</u> 100	<u>4834</u> 100	<u>8129</u> 100	<u>301642</u> 100	<u>22853</u> 100	<u>7458</u> 100	<u>6113</u> 100	<u>35224</u> 100	<u>2434041</u> 100

Примітка. Над рискою – чисельність, під рискою – % загальної чисельності фітопланктону; * – частка відділу менше 1%.

Біомаса. 1. В осінньо-зимовий період її показники коливалися в широких межах – від 0,876–1,578 до 25,519–64,113 г/м³.

2. Ранжування озер від максимальних до мінімальних показників біомаси наступне: Китай > Ялпуг > Кугурлуй > Катлабух > Кагул > Картал.

3. Величини біомаси значно залежать від розмірів водоростевих клітин, тому провідна роль в їхньому формуванні належить крупноклітинним *Bacillariophyta* – 0,200–28,520 г/м³.

4. Субдомінантами є *Chlorophyta* (0,136–8,742 г/м³) і *Cyanobacteria* (0,014–26,029 г/м³). Виняток складає оз. Китай, де за біомасою як восени 2019 р., так і взимку 2020 р. останні не поступалися *Bacillariophyta*.

5. В озерах Кагул і Картал відмічено відносно високі показники біомаси *Ochrophyta* з типово осінньо-зимовими видами *Chrysococcus rufescens* Klebs, *Kephyrion rubri-claustri* Conrad, *Pseudokephyrion ovum* (Pascher & Ruttner) Conrad, а в оз. Китай – *Euglena clara* Skuja, *Lepocinclis ovum* (Ehrenberg) Lemmermann, *Trachelomonas volvocina* (Ehrenberg) Ehrenberg (*Euglenozoa*), які є індикаторами органічного забруднення води.

6. На відміну від чисельності, у формуванні структури біомаси встановлені різні рівні організації: монодомінантні угруповання (в оз. Кугурлуй до 97% біомаси формували *Bacillariophyta*); олігодомінантні (в оз. Катлабух 60 і 30% становили *Chlorophyta* і *Bacillariophyta*, а в озерах Китай, Ялпуг – *Bacillariophyta* і *Cyanobacteria*). Вважаємо, що встановлена дискретність структури біомаси є важливим адаптаційним механізмом водоростей.

7. Згідно з визначенням трофності (Oksiyuk et al., 1994), за інтенсивністю розвитку *Cyanobacteria* та біомасою всі придунайські озера відносяться до евтрофних водних екосистем навіть в осінньо-зимовий період (табл. 8).

Таблиця 8. Біомаса (г/м³) і структура (%) водоростевих угруповань придунайських озер в осінньо-зимовий період

Відділ	2019 р.		2020 р.							
	Кагул	Китай	Кагул	Картал	Ялпуг		Кугурлуй		Ка тлабух	К итай
	Грудень	Листопад	Лютий	Лютий	Лютий	Грудень	Лютий	Грудень	Лютий	Лютий
<i>Cyano- bacteria</i>	<u>0,015</u> 1	<u>8,613</u> 52	<u>0,004</u> *	<u>0,014</u> 1	<u>5,916</u> 23	<u>0,013</u> 2	<u>0,046</u> *	<u>0,133</u> 3	<u>0,490</u> 9	<u>26,029</u> 41
<i>Bacillario- phyta</i>	<u>1,544</u> 84	<u>1,039</u> 6	<u>1,880</u> 57	<u>0,200</u> 13	<u>16,514</u> 65	<u>0,521</u> 59	<u>17,797</u> 99	<u>4,280</u> 90	<u>1,624</u> 31	<u>28,520</u> 44

<i>Cryptophyta</i>	<u>0,031</u> 2	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Ochromophyta</i>	<u>0,106</u> 6	<u>0,042</u> *	<u>0,002</u> *	<u>0,822</u> 52	<u>0,068</u> *	–	<u>0,026</u> *	–	–	–
<i>Charophyta</i>	–	<u>0,084</u> 1	–	–	–	–	–	–	<u>0,005</u> *	–
<i>Chlorophyta</i>	<u>0,136</u> 7	<u>4,419</u> 27	<u>1,379</u> 42	<u>0,429</u> 27	<u>3,021</u> 12	<u>0,343</u> 39	<u>0,179</u> 1	<u>0,350</u> 7	<u>3,120</u> 60	<u>8,742</u> 14
<i>Euglenozoa</i>	–	<u>2,383</u> 14	<u>0,006</u> *	<u>0,112</u> 7	–	–	–	–	–	<u>0,823</u> 1
Сума	<u>1,832</u> 100	<u>16,580</u> 100	<u>3,271</u> 100	<u>1,578</u> 100	<u>25,519</u> 100	<u>0,876</u> 100	<u>18,048</u> 100	<u>4,763</u> 100	<u>5,239</u> 100	<u>64,113</u> 100

Примітка. Над рискою – біомаса, під рискою – % загальної біомаси фітопланктону; * – частка відділу менше 1%.

Різноманіття й структура домінуючого комплексу. Відомо (Shcherbak, 2006), що незважаючи на високе видове й таксономічне різноманіття, основні біологічні процеси формуються домінуючими комплексами, або ядром альгофлори. За проведеним аналізом, домінуючі комплекси водоростевих угруповань, виділених за чисельністю чи біомасою, не співпадали. Вважаємо, що така структурно-видова відмінність є також важливим адаптаційним механізмом водоростевих угруповань крупних придунайських озер для масової вегетації в осінньо-зимовий період. Але виходячи з того, що біомаса є важливим енергетичним чинником, наводимо склад і структуру домінуючого комплексу, виділеного за біомасою (табл. 9).

Таблиця 9. Склад і структура домінуючого комплексу за біомасою (г/м³) водоростевих угруповань крупних придунайських озер в осінньо-зимовий період

Вид-домінант	Листопад–грудень 2019 р.		Лютий–грудень 2020 р.					
	Китай	Кагул	Китай	Ялуг	Картал	Кугурлуй	Кагул	Каглабух
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	<u>1,673</u> 10	–	*	*	–	–	–	–
<i>Microcystis pulverea</i> (H.C.Wood) Forti	<u>1,718</u> 10	–	<u>13,440</u> 21	*	–	–	–	*
<i>Microcystis wesenbergii</i> (Komárek) Komárek ex Komárek	–	–	<u>4,339</u> 7	–	–	–	–	–

<i>Anagnostidinema amphibium</i> (C.Agardh ex Gomont) Strunický, Bohunická, J.R.Johansen & J.Komárek	*	—	*	<u>3,595</u> 14	—	—	—	<u>0,300</u> 6
<i>Jaaginema geminatum</i> (Schwabe ex Gomont) Anagnostidis & Komárek	<u>2,613</u> 16	—	*	—	—	*	—	—
<i>Merismopedia convoluta</i> Brébisson ex Kützing	<u>1,905</u> 11	—	—	—	—	—	—	—
<i>Chrysococcus rufescens</i> Klebs	*	—	—	—	<u>0,755</u> 48	*	—	—
<i>Cyclostephanus dubius</i> (Hustedt) Round	—	—	—	<u>3,544</u> 14	—	—	—	—
<i>Cyclotella planctonica</i> Brunnthalier	—	—	—	—	<u>0,138</u> 9	—	—	—
<i>Cymatopleura elliptica</i> (Brébisson) W.Smith	—	—	—	*	—	<u>12,278</u> 68	—	—
<i>Fragilariforma virescens</i> (Ralfs) D.M.Williams & Round	—	<u>0,255</u> 14	—	—	—	—	—	—
<i>Melosira varians</i> C.Agardh	—	<u>0,997</u> 54	—	—	—	—	—	—
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	—	—	—	—	—	*	*	<u>1,020</u> 19
<i>Navicula peregrina</i> (Ehrenberg) Kützing	—	—	<u>8,478</u> 13	—	—	—	<u>0,247</u> 8	—
<i>Nitzschia vitrea</i> G.Norman	—	—	—	—	—	—	<u>0,549</u> 17	—
<i>Pinnularia brebissonii</i> (Kützing) Rabenhorst	—	—	—	—	—	<u>2,328</u> 13	—	—
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow	<u>1,031</u> 10	—	—	—	—	—	—	*
<i>Ulnaria acus</i> (Kützing) Aboal	—	—	—	<u>8,321</u> 33	*	—	<u>0,165</u> 5	—
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère		<u>0,092</u> 5						
<i>Tryblionella levidensis</i> W.Smith	—	—	—	<u>1,206</u> 5	—	*	—	—
<i>Chlamydomonas globosa</i> J.W.Snow	*	—	—	*	<u>0,416</u> 26	—	—	—
<i>Microglena monadina</i> Ehrenberg	—	—	<u>4,909</u> 8	—	—	—	<u>0,286</u> 9	<u>1,391</u> 27
<i>Coelastrum astroideum</i> De Notaris	—	—	—	—	—	—	<u>0,495</u> 15	—

<i>Oocystis marssonii</i> Lemmermann	*	—	—	*	—	—	—	0,453 9
<i>Tetrastrum triangulare</i> (Chodat) Komárek	*	—	—	—	—	—	*	0,713 14

Примітка. Над рискою – біомаса виду, під рискою – % загальної біомаси, „—” – вид на станції не траплявся; * –траплявся, але до складу домінуючого комплексу не входив.

Було виділено 25 видів водоростей з п'яти відділів: дрібноклітинних видів *Cyanobacteria* – 6, *Ochrophyta* – 1, *Chlorophyta* – 5 і крупноклітинних *Bacillariophyta* – 13.

Домінуючі комплекси характеризувалися: полідомінантною структурою як дрібноклітинних, так і крупноклітинних форм (озера Китай, Ялпуг, Картал, Кагул, Катлабух); олігодомінантною структурою (оз. Кугурлуй) з крупноклітинних форм *Cymatopleura elliptica* та *Pinnularia brebissonii*.

Існування двох відмінних за структурою домінуючих комплексів також є важливою адаптаційною ознакою.

Якість водного середовища. Це актуальна проблема сучасного функціонування суббасейну великих придунайських озер.

Оцінка якості водного середовища проводилася наступними методами: за біоіндикаційними характеристиками водоростей, які є видами-індикаторами сапробності; методом Пантле-Букк в модифікації Сладечека.

Репрезентативність такого підходу обумовлена тим, що серед 191 ввт 129 (68%) є видами-індикаторами п'яти зон якості вод – від χ -о-сапробів – «чисті – дуже чисті» води до α -р – «брудні – дуже брудні».

Загальною закономірністю було те, що 77 ввт (59%) усіх видів-індикаторів відносилися до β -мезасапробної зони, що відповідає класу «помірно забруднені» води.

В якості субдомінантів виступали χ -о-сапроби – «чисті – дуже чисті» води. Найменшою кількістю (15 ввт) були представлені α -р-сапроби – індикатори класу «брудні – дуже брудні» води.

Індекси сапробності, розраховані за чисельністю видів-індикаторів (S_N) і біомасою (S_B), знаходилися в близьких межах: S_N – від 1,46–1,48 до 1,91–1,92, S_B – від 1,45–1,75 до 2,03–2,10. Наведені величини індексів відповідають β -мезасапробній зоні, класу якості вод «помірно забруднені» води (табл. 10).

У цілому, згідно з різними методами оцінки якості водного середовища, озера за ступенем зростання органічного забруднення можна ранжувати наступним чином: Картал > Ялпуг > Кугурлуй > Кагул > Китай > Катлабух.

Узагальнюючи весь масив оригінальних даних, можна стверджувати, що досліджувані крупні придунайські озера характеризуються помірним органічним забрудненням. Це свідчить про відсутність значного антропогенного навантаження на їхні екосистеми. Винятком є оз. Китай, у якому виявлені види-індикатори органічного забруднення, а також зареєстровано масовий розвиток *Cyanobacteria*.

Таблиця 10. Характеристика якості водного середовища крупних придунайських озер в осінньо-зимовий період за сапробіологічними характеристиками водоростей – видів-індикаторів та індексом сапробності

Сапробіологічний показник	Листопад–грудень 2019 р.		Лютий–грудень 2020 р.					
	Китай	Кагул	Китай	Ялпуг	Картал	Кугурлуй	Кагул	Катлабух
Якість води за видами-індикаторами								
Зона сапробності								
χ-о-сапроб	$\frac{3}{12}$	$\frac{7}{26}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{9}{20}$	$\frac{3}{38}$	$\frac{4}{22}$	$\frac{2}{11}$	$\frac{1}{7}$
β-мезасапроб	$\frac{17}{68}$	$\frac{18}{67}$	$\frac{15}{75}$	$\frac{33}{73}$	$\frac{4}{50}$	$\frac{12}{67}$	$\frac{17}{89}$	$\frac{12}{86}$
α-р-сапроб	$\frac{5}{20}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{4}{20}$	$\frac{3}{7}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{2}{11}$	–	$\frac{1}{7}$
Σ	$\frac{25}{100}$	$\frac{27}{100}$	$\frac{20}{100}$	$\frac{45}{100}$	$\frac{8}{100}$	$\frac{18}{100}$	$\frac{19}{100}$	$\frac{14}{100}$
Індекс якості води за Пантле-Букк у модифікації Сладечека								
Індекс сапробності								
S_N	1,66	1,48	1,67	1,72	1,46	1,92	1,91	1,87
S_B	2,05	1,75	2,00	1,81	1,45	1,98	2,03	2,10

П р и м і т к а . Над рискою – кількість видів-індикаторів, під рискою – % загальної кількості видів-індикаторів.

Органічний детрит. Водоростеві угруповання, що відмирають, формують важливий біотичний компонент – органічний детрит, де масово розвиваються бактерії, що визначає потоки енергії, колообіг речовин, процеси самоочищення–самозабруднення та трофічні зв'язки між гідробіонтами вищих трофічних рівнів. Методично важливим є встановлення співвідношення між частками органічного детриту та мінеральними складовими. Проведені дослідження за авторською

методикою (Shcherbak et al., 2016) показали, що в усіх досліджених озерах на органічну складову припадає від 84 до 99% детриту (табл. 11).

Для оцінки трофічної ролі детриту важливим є встановлення розмірних характеристик органічних часток, які в різній кількості споживаються гідробіонтами вищих трофічних рівнів. Розподіл органічних часток за розмірними класами, які найбільше споживаються планктонними ракоподібними, проводили згідно: Shcherbak, Zhdanova, 1990, для риб – згідно: Kharitonova, 1984.

Таблиця 11. Якісний склад часток зависей у водній товщі озер в осінньо-зимовий період

Завислі частки	Озеро					
	Китай	Каргал	Ялпуг	Кугурлуй	Кагул	Катлабух
Детрит	<u>270.0</u> 87	<u>370</u> 99	<u>164.0</u> 99	<u>134.0</u> 97	<u>450.4</u> 99	<u>402.0</u> 84
Мінеральні частки	<u>42.0</u> 13	<u>0.9</u> 1	<u>1.2</u> 1	<u>4.0</u> 3	<u>0.8</u> 1	<u>78.0</u> 16
Σ	<u>312.0</u> 100	<u>371</u> 100	<u>165.2</u> 100	<u>138.0</u> 100	<u>451.2</u> 100	<u>480.0</u> 100

Примітка. Над рискою – кількість часток зависей даної групи в 1 дм³ (тисяч часток/дм³), під рискою – % загальної кількості часток.

Виділено 4 розмірні класи, кожний з яких є переважаючим у трофічних зв'язках: органічний детрит → тварина-детритофаг. Так, найспоживанішими є найдрібніші частки детриту, які найбільшою мірою (до 95–75%) знаходяться у товщі води всіх шести озер (табл. 12).

Як приклад, що ілюструє утворення органічного детриту при відмиранні водоростей, його трофічні зв'язки, наведено відповідну схему (рис. 4).

Отже, виходячи з даних (див. табл. 11, 12) та схеми трофічних зв'язків (див. рис. 4), можна стверджувати, що водоростеві угруповання й органічний детрит водоростевого походження – важливі біологічні компоненти, що забезпечують харчові потреби гіллястовусих, веслоногих ракоподібних, інфузорій та риб-, фіто- і детритофагів фауни крупних придунайських озер із регульованим водообміном в осінньо-зимовий період.

Таблиця 12. Ранжування часток органічного детриту водної товщі озер за розмірними характеристиками в осінньо-зимовий період

Клас	Розмір частки, мкм	Озеро					
		Китай	Каргал	Ялпуг	Кугурлуй	Кагул	Катлабух
I	1,5–30	<u>186,0</u> 60	<u>400</u> 89	<u>160,0</u> 97	<u>108,0</u> 78	<u>430,0</u> 95	<u>174,0</u> 36
II	31–70	<u>84,0</u> 27	<u>50</u> 11	<u>4,0</u> 2	<u>26,0</u> 19	<u>20,4</u> 5	<u>228,0</u> 48
III	71–100	<u>12,0</u> 4	<u>0,6</u> *	<u>1,1</u> 1	<u>*</u> *	<u>0,6</u> *	<u>48,0</u> 10
IV	> 101	<u>30,0</u> 10	<u>0,2</u> *	<u>0,2</u> *	<u>4,0</u> 3	<u>0,2</u> *	<u>30,0</u> 6
Σ	–	<u>312,0</u> 100	<u>450,8</u> 100	<u>165,2</u> 100	<u>138,0</u> 100	<u>451,2</u> 100	<u>480,0</u> 100

Примітка. Над рисою – кількість часток зависей розмірної фракції в 1 дм³ (тисяч часток/дм³), під рисою – % загальної кількості часток, * – менше 1%.

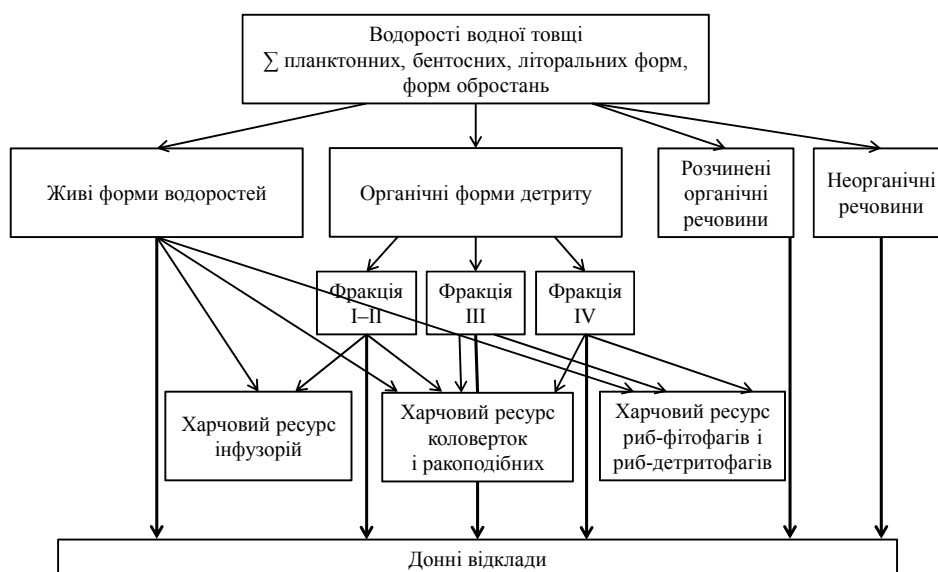


Рис. 4. Роль водоростевих угруповань водної товщі у формуванні трофічних зв'язків в екосистемах приднуайських озер

Висновки

Досліджено структурні й функціональні складові різноманіття та екологічні характеристики водоростей водної товщі суббасейну крупних придунайських озер Кагул, Картал, Ялпуг, Кугурлуй, Катлабух і Китай у пізньоосінній–зимовий період 2019–2020 рр.

На сьогодні це великі мілководні водойми з регульованим водообміном з р. Дунай. Особливостями досліджуваного осінньо-зимового періоду були плюсові температури води та відсутність льодового покриву акваторій, що сприяло фотосинтезу водоростей та високому вмісту розчинного кисню.

У цілому таксономічне різноманіття було представлено водоростями з 7 відділів, 14 класів, 30 порядків, 61 родини, 108 родів і 188 видів (191 ввт). Найбільшу кількість видів і ввт зареєстровано в оз. Ялпуг. Наймасовішими були *Bacillariophyta*, *Chlorophyta* та *Cyanobacteria*.

За біотопічною приуроченістю 45% видів належали до планктонних форм, 55% – до непланктонних (бентосних, літоральних, евритопних, форм обростань). Це обумовлює необхідність застосування терміну «водоростеві угруповання водної товщі», а не «фітопланктон». За галобністю в озерах переважали види-індиференти, а за відношенням до рН – алкаліфіли, що корелює з лужним середовищем усіх озер упродовж останнього 40-річного періоду.

Коефіцієнти подібності Серенсена та Кендела були досить низькими, що вказує на суттєву відмінність водоростевих угруповань у досліджуваних озерах.

Чисельність водоростей складала 2853–360325 тис. кл/дм³, її основу формували *Cyanobacteria*. Біомаса коливалася від 0,876 до 64,113 г/м³, її визначали *Bacillariophyta* і *Cyanobacteria*.

Досліджувані озера є евтрофними екосистемами. Якість водного середовища відповідає β-мезосапробній зоні й класу «помірно забруднені».

Органічний детрит представлений частками, що відносяться до чотирьох класів. Найдрібніші (від 1 до 79 мкм) є основним харчовим ресурсом гіллястовусих і веслоногих ракоподібних, а крупні (від 71 мкм і більше) зазвичай споживаються рибами-детритофагами і фітофагами.

Отже, водоростеві угруповання придунайських озер характеризуються високим видовим і таксономічним різноманіттям, чисельністю й біомасою, характерною для евтрофних водойм, і є важливою складовою рослинного генофонду України. Очевидно, глобальні зміни клімату, що проявляються в зростанні температур води, є сприятливими чинниками для збільшення різноманіття водоростевих угруповань у пізньоосінній–зимовий період.

Автори висловлюють подяку д-ру тех. наук О.В. Сидоренко та екологу В.П. Коротецькому за допомогу при відборі проб води.

Список літератури

- Barinova S.S., Medvedeva L.A., Anisimova O.V. 2006. *Biodiversity of algae – indicators of the environment*. Tel Aviv: PiliesStud. 498 p. [Барінова С.С., Медведєва Л.А., Анисимова О.В. 2006. *Биоазнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды*. Тель Авив: Pilies Stud. 498 с.].
- Chaffin J.D., Bridgeman T.B., Bade D.L., Mobilian C.N. 2014. Summer phytoplankton nutrient limitation in Maumee Bay of Lake Erie during high-flow and low-flow years. *J. Great Lakes Res.* 40: 524–531. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2014.04.009>
- Convention on Wetlands of International Importance especially as Waterfowl Habitat*. 1971. Ramsar, 2 February. https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/original_1971_convention_e.pdf (Accessed 21 June 2022).
- Gerasymiuk V.P. 2020. Present state of phytoplankton in the Danubian lakes. *Bull. Odesa Nat. Univ.* 25(2): 25–36. [Герасимюк В.П. 2020. Сучасний стан фітопланктону придунайських озер. *Вісн. ОНУ*. 25(2): 25–36].
- Gerasymiuk V.P., Gerasymiuk N.V. 2009. Comparative characteristics of species composition of algae of the Danubian lakes (Ukraine). *Algologia*. 19(2): 206–215. [Герасимюк В.П., Герасимюк Н.В. 2009. Сравнительная характеристика видового состава водорослей придунайских озер (Украина). *Альгология*. 19(2): 206–215].
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2022. *AlgaeBase*. World-wide electron. publ. Nat. Univ. Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org> (Accessed 21 June 2022).
- Gusliakov M.O., Kosenko S.Yu. 2001. Species composition of algal component in nutrition of silver carp in a Lake Danubian. *Bull. Odesa Nat. Univ.* 6(1): 81–87. [Гусляков М.О., Косенко С.Ю. 2001. Видовий склад водоростевого компонента в живленні товстолобиків Придунайського озера. *Вісн. ОНУ*. 6(1): 81–87].
- Hydroecology of the Ukrainian section of the Danube and adjacent water bodies*. 1993. Ed. T.A. Kharchenko. Kyiv: Naukova Dumka. 328 p. [Гидроэкология украинского участка Дуная и сопредельных водоемов. 1993. Ред. Т.А. Харченко. Киев: Наук. думка. 328 с.].
- Kharitonova N.I. 1984. *Biological fundamentals of pond fish-breeding intensification*. Kyiv: Naukova Dumka. 193 p. [Харитоновна Н.И. 1984. *Биологические основы интенсификации прудового руководства*. Киев: Наук. думка. 193 с.].
- Khomik N.V. 2013. Water resources of the Shatsk National Natural Park: present state, protection, management. Kyiv: Agr. Sci. 239 p. [Хомік Н.В. 2013. Водні ресурси Шацького національного природного парку: сучасний стан, охорона, управління. Київ: Аграрна наука. 239 с.].
- Kostikova L.Ye. 1969. *Phytoplankton of the Danubian bays*: PhD (Biol.). Abstract. Kyiv. 19 p. [Костикова Л.Е. 1969. *Фитопланктон придунайских лиманов*: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Киев. 19 с.].

- Oksiyuk O.P., Zhdanova G.A., Gusynskaya S.L., Golovko T.V. 1994. Assessment of the the state of water bodies of Ukraine according to hydrobiological characteristics. 1. Plankton. *Hydrobiol. J.* 30(3): 26–31. [Оксиюк О.П., Жданова Г.А., Гусынская С.Л., Головки Т.В. 1994. Оценка состояния водных объектов Украины по гидробиологическим показателям. 1. Планктон. *Гидробиол. журн.* 30(3): 26–31].
- Roll Ya.V. 1961. Phytoplankton of the Danubian bays. *Proc. Inst. Hydrobiol. AS USSR.* 36: 222–230. [Ролл Я.В. 1961. Фитопланктон придунайских лиманов. *Тр. Ин-та гидробиол. АН УССР.* 36: 222–230].
- Shcherbak V.I. 2006. Phytoplankton. In: *Methods of hydroecological studies of surface waters.* Kyiv: LOGOS. Pp. 12–44. [Щербак В.І. 2006. Фітопланктон. В кн.: *Методи гідроecологічних досліджень поверхневих вод.* Київ: ЛОГОС. С. 12–44].
- Shcherbak V.I. 2019. Response of phytoplankton of the Kiev Reservoir to the increase in summer temperatures. *Hydrobiol. J.* 55(1): 18–35. <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v55.i1.20>
- Shcherbak V.I., Zhdanova G.A. 1990. *Application of electivity index for describing the nutrition of planktonic crustaceans in the Kyiv Water Reservoir.* Kyiv. 12 p. Dep. in All-Sov. Inst. Sci. Tech. Inform., No. 3890-B90. [Щербак В.І., Жданова Г.А. 1990. *Применение индекса элективности для характеристики питания планктонных ракообразных Киевского водохранилища.* Киев. 12 с. Деп. в ВИНТИ, №3890-B90].
- Shcherbak V., Korotetskyi V., Sydorenko O., Semeniuk N. 2016. Potential ecological hazards to the Cheremosh River posed by a diversion hydropower plant (Roztoky Settl., Kosiv District, Ivano-Frankivsk Region, Ukraine). In: *Issues and Challenges of Small Hydropower Development in the Carpathians Region (Hydrology, Hydrochemistry, and Hydrobiology of Watercourses).* Uzhgorod, L'viv, Kyiv: L'viv Nat. Univ., Hydroecol. Soc. Uzh. 195 p.
- Shmidt V.M. 1980. *Statistical methods in comparative floristics.* Leningrad: Leningrad Univ. Publ. 176 p. [Шмидт В.М. *Статистические методы в сравнительной флористике.* 1980. Л.: Изд-во Ленинград. ун-та. 176 с.].
- Török L., Török Z., Carstea E.M., Savastru D. 2017. Seasonal variation of eutrophication in some lakes of Danube Delta Biosphere Reserve. *Water Environ. Res.* 89(1): 86–94.
- Vyshnevskiy V.I., Shevchuk S.A., Matiash T.V. 2019. Water resources of the Lower Danube River and their use within the territory of Ukraine. In: *Electronic book with full papers from XXVIII Conference of the Danubian Countries on Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management* (Kyiv, Ukraine, November 6–8, 2019). Pp. 199–208.
- Yenaki G.I., Zhuravleva L.A. 1987. Hydrochemical regime of the Soviet section of the Danube. In: *Hydrobiological studies of the Danube and Danubian water bodies.* Kyiv: Naukova Dumka. Pp. 14–26. [Енаки Г.И., Журавлева Л.А. 1987. Гидрохимический режим советского участка Дуная. В кн.: *Гидробиологические исследования Дуная и придунайских водоемов.* Киев: Наук. думка. С. 14–26].

Підписав до друку П.М. Царенко

Shcherbak V.I., Semeniuk N.Ye., Lutsenko D.A. 2022. **Diversity and ecological characteristics of algae in the water column of the large lakes of Danubian sub-basin (Ukraine) in autumn-winter season.** *Algologia*. 32(3): 183–206.

Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,
12 Prosp. Heroyiv Stalingrada, Kyiv 04210, Ukraine

The paper deals with structural and functional components of diversity and ecological characteristics of algae in the water column of the large Danubian lakes Kahul, Kartal, Yalpuh, Kuhurluy, Katlabukh, and Kytay in the late autumn-winter of 2019–2020. The water column algae's taxonomic diversity comprised 188 species, represented by 191 infraspecies taxa from 7 divisions, 14 classes, 30 orders, 61 families, and 108 genera. According to species diversity, the lakes can be put in the following order: the Yalpuh (78) > Kytay (76) > Kahul (75) > Kuhurluy (55) > Katlabukh (23) > Kartal (16 ist). *Bacillariophyta*, *Chlorophyta* and *Cyanobacteria* lead in species richness. According to habitat preference, planktonic forms made up 45%, benthic forms 24%, epiphytic forms 5%, littoral forms 15%, and eurytopic forms 11%. According to salinity preference indifferent species dominated, and according to pH preference alkaliphilic species prevailed. The Sorensen similarity index and Kendall rank correlation indices for leading families were rather low – 0.18–0.43 and 0.45–0.57 respectively, which is indicative of significant differences among the algal communities in the lakes under study. The algal cell count amounted to 2853–360325 thousand cells · dm⁻³, the biomass – 0.876–64.113 g · dm⁻³. According to the quantitative characteristics of planktonic algal communities and *Cyanobacteria* biomass, the Danubian lakes are eutrophic ecosystems.

Key words: large lakes of Danubian sub-basin, algal communities of water column, species and taxonomic diversity, cell count, biomass, trophic status, water quality, organic detritus