

ФІТОПЛАНКТОН ТА ЯКІСТЬ ВОДИ КАХОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА У ЛІТНІЙ ПЕРІОД

Рудик-Леуська Н.Я., Леуський М.В., Євтушенко М.Ю., Хижняк М.І., Макаренко А.А.,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
вул. Генерала Родимцева 19, 03041, м. Київ
rudyk-leuska@ukr.net, leuskyi@ukr.net, n_yevtushenko@ukr.net, khyzhnyak_m@ukr.net,
almakarenko912@gmail.com

Наведено результати досліджень таксономічного складу, чисельності та біомаси фітопланктону, індексу сапробності у Каховському водосховищі влітку 2020–2021 рр. Фітопланктон водосховища протягом 2020–2021 рр. був представлений такими відділами: *Cyanophyta*, *Euglenophyta*, *Dinophyta*, *Chlorophyta*, *Bacillariophyta*, *Xanthophyta*. Середня чисельність фітопланктону влітку 2020 року в Каховському водосховищі на досліджених ділянках складала 122021 тис.кл./дм³ при біомасі 6,379 мг/дм³, а влітку 2021 року становила 169823,8 тис.кл./дм³ при біомасі 9,181 мг/дм³. У літній період 2020 року основу чисельності (99%) та біомаси (91%) фітопланктону формували синьо-зелені водорості, влітку 2021 року спостерігали аналогічну картину, де основу чисельності (99%) та біомаси (87%) фітопланктону формували також синьо-зелені водорості. Домінуючими видами серед них за чисельністю і біомасою влітку 2020 року були: *Microcystis wesenbergii* (91% та 84%), *M. aeruginosa* (7% та 6%), а у 2021 році – *Microcystis wesenbergii* (88% та 78%), *M. aeruginosa* (6% та 6%), *Aphanizomenon flos-aquae* (1% та 2%). У літній період 2020 року діатомові та зелені водорості при незначній чисельності (0,4% та 0,3%) формували 6% та 3%, влітку 2021 року – при незначній чисельності (0,6% та 0,6%) формували 9% та 4%, відповідно загальної біомаси водоростей. Динофітові та евгленові водорості влітку 2020 року набули зовсім незначного розвитку у Каховському водосховищі формуючи загалом 0,1% біомаси водоростей. Влітку 2021 року меншого розвитку у водоймі набули динофітові, евгленові та жовто-зелені водорості формуючи загалом 0,3% біомаси водоростей. Серед діатомових водоростей у 2020 році за біомасою переважали: *Melosira granulata* (2%), *M. italica* (0,5%), *Navicula cryptocephala* (1%), у літній період 2021 року *Melosira granulata* (2%), *M. italica* (2%), *Navicula cryptocephala* (1%), *Cymatopleura solea* (1%). Якість води Каховського водосховища, згідно домінуючих індикаторних видів сапробності, відноситься до β-мезосапробної зони на всіх досліджених ділянках. **Ключові слова:** Фітопланктон, Каховське водосховище, чисельність, біомаса, «цвітіння» води, індекс сапробності.

Phytoplankton and water quality of the Kakhovka reservoir in the summer period. Rudyk-Leuska N., Leuskyi M., Yevtushenko M., Leuskyi M., Khyzhnyak M., Makarenko A.

The results of research on the taxonomic composition, number and biomass of phytoplankton, the saprobity index in the Kakhovka Reservoir in the summer of 2020–2021 are given. Phytoplankton of the reservoir during 2020–2021 was represented by the following divisions: *Cyanophyta*, *Euglenophyta*, *Dinophyta*, *Chlorophyta*, *Bacillariophyta*, *Xanthophyta*. The average number of phytoplankton in the summer of 2020 in the Kakhovka reservoir in the studied areas was 122,021 thousand cells/dm³ with a biomass of 6.379 mg/dm³, and in the summer of 2021 it was 169,823.8 thousand cells/dm³ with a biomass of 9.181 mg/dm³. In the summer of 2020, *Cyanophyta* formed the basis of the number (99%) and biomass (91%) of phytoplankton, in the summer of 2021 a similar pattern was observed, where the basis of the number (99%) and biomass (87%) of phytoplankton was also formed by *Cyanophyta*. The dominant species among them in terms of number and biomass in the summer of 2020 were: *Microcystis wesenbergii* (91% and 84%), *M. aeruginosa* (7% and 6%), and in 2021 – *Microcystis wesenbergii* (88% and 78%), *M. aeruginosa* (6% and 6%), *Aphanizomenon flos-aquae* (1% and 2%). In the summer of 2020, diatom and green algae formed 6% and 3% in small numbers (0.4% and 0.3%), in the summer of 2021 – in small numbers (0.6% and 0.6%) formed 9% and 4%, respectively, of the total algae biomass. In the summer of 2020, *Dinoflagellate* and *Euglenozoa* developed very little in the Kakhovka Reservoir, forming a total of 0.1% of algae biomass. In the summer of 2021, *Dinoflagellate*, *Euglenozoa*, and yellow-green algae acquired less development in the reservoir, forming a total of 0.3% of algae biomass. Among the diatom in 2020, the biomass was dominated by: *Melosira granulata* (2%), *M. italica* (0.5%), *Navicula cryptocephala* (1%), in the summer of 2021, *Melosira granulata* (2%), *M. italica* (2%), *Navicula cryptocephala* (1%), *Cymatopleura solea* (1%). The water quality of the Kakhovka reservoir, according to the dominant saprobic indicator species, belongs to the β-mesosaprobic zone in all the studied areas. **Key words:** Phytoplankton, Kakhovka Reservoir, number, biomass, “blooming” of water, saprobity index.

Постановка проблеми. Антропогенний вплив на водойми має тенденцію до збільшення, що закономірно в сучасних високотехнологічних умовах життєдіяльності людини. Серед різноманітних видів антропогенного втручання у водні біоценози зростає водовикористання й регулювання водних об'єктів з метою їх комплексного використання. В екосистемі водойм під впливом людської діяльності виникають різні реструктуризаційні процеси. На всьому каскаді Дніпровських водосховищ спостерігається тенден-

ція щодо зменшення показників промислових уловів, через низьке відтворення водних живих ресурсів та випадків масової їх загибелі. Функціонування та продуктивність водосховищ, як і будь-яких інших водойм, визначається різноманіттям трофічних рівнів, головна роль з яких належить автотрофному, що в Дніпровських водосховищах формується за рахунок фітопланктону [15, 27, 28, 29, 46]. Асимілюючи сонячну радіацію і перетворюючи її в органічну речовину у процесі фотосинтезу, він створює пер-

винну продукцію, за рахунок якої через ланцюги живлення існують інші гідробіоти (організми, що живуть у воді) [10, 14, 32].

Актуальність досліджень. У формуванні продуктивності та біорізноманіття Дніпровських водосховищ важлива роль належить фітопланктону – найбільш масовому компоненту біоти гідро-екосистеми, який є первинною ланкою в трофічному ланцюзі. Фітопланктон є досить зручним об'єктом для вивчення динаміки показників у водному середовищі. Як відомо, видовий, кількісний та якісний склад фітопланктону безпосередньо залежить від умов середовища, його хімічного складу, фізичних показників, тощо. Тому його дослідження є особливо важливим та актуальним для моніторингу стану екосистем.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження проводилися в рамках науково-дослідної теми «Встановити особливості фізіологічного статусу риб в різні періоди річного циклу за умов глобального потепління та впливу антропогенних чинників» номер державної реєстрації 00493706 № 0120U102157 та продовження наукових досліджень буде використано для вивчення порівняльної характеристики фізіологічного стану риб за різних кліматичних умов на великих водосховищах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Каховське водосховище було створено у 1955–1958 рр. на Дніпрі при будівництві Каховської ГЕС, щоб одержати електроенергію, забезпечити водопостачання міст та промислових підприємств, зрошення і розвитку рибного господарства. Водойма займає велику степову зону, є самою нижньою у каскаді дніпровських водосховищ. Загальна площа Каховського водосховища складає 2155 км². Розташоване у межах таких територій, як Запорізької, Дніпропетровської та Херсонської областей. Довжина водосховища – 230 км, довжина берегової лінії – 896 км, середня ширина водойми – 9,4 км, середня глибина – 8,5 м (максимальна глибина біля греблі близько 36 м) [3, 12, 14].

У перші роки зарегулювання Дніпра масовий розвиток фітопланктону в Каховському водосховищі був спричинений явищем евтрофікації – забруднення води досить значною кількістю біогенів (вуглецю, азоту, фосфору тощо), що надходили у воду з затоплених водосховищами родючих земель. Наприкінці минулого століття вчені зробили висновок про те, що «цвітіння» поступово втрачає свою силу через стабілізацію процесів надходження біогенів у водосховища, але попри оптимістичні прогнози, процес «цвітіння» води Каховського водосховища із кожним роком збільшується. При цьому за даними СЕС у пробах переважають фосфати, що в основному потрапляють зі стічними водами. Саме через це синьо-зелені водорості одержали кращі умови до швидкого розмноження. У першу чергу, це пов'язано

з їх пластичністю й витривалістю до екстремальних температур та концентрацій солей, низького вмісту біогенів, слабкої освітленості, наявності сірководню у воді, низькій кількості кисню, а також здатністю багатьох з них до фіксації азоту. При масовому розвитку синьо-зелених водоростей утворюються характерні «плями цвітіння» [17, 21, 36, 38, 45, 50, 51], їх біомаса варіює у межах 10–100 мг/л. У результаті настає фаза масового відмирання та різко погіршується якість води: з'являється дефіцит кисню, у воді в досить великій кількості накопичуються токсичні метаболіти [20, 24, 30, 31, 33, 34, 37, 44, 47, 48, 49]. При цьому вода стає непридатною для тварин та використання людьми.

Фітопланктон Каховського водосховища є одноманітним, переважно він представлений 4–5 доміантними видами. Навесні переважають діатомові водорості, влітку – синьо-зелені, восени – синьо-зелені і діатомові. Для водосховища характерна велика кількість заток і балок, що виникли у гирлових ділянках річок та впадають у водойму. Завдяки цьому видове різноманіття водоростей значно збільшується. В окремі сезони у водоймі реєструється 100–250 видів, а всього зафіксовано близько 700 видових і внутрішньовидових таксонів водоростей. Найбільш різноманітно представлені зелені водорості – 238 видів (роди *Chlamidomonas*, *Pandorina*, *Tetrastrum*, *Scenedesmus*), на другому місці за видовим різноманіттям діатомові – 203 (*Navicula*, *Stephanodiscus*, *Melosira*) і синьо-зелені – 106 видів (*Microcystis*, *Oscillatoria*) [7]. За даними сучасних досліджень відмічається значне зниження біомаси синьо-зелених водоростей до 2,64–4,74 г/м³. Але поряд з цим зросла значимість зелених водоростей – до 27,73 г/м³, що складає більшу частку загальної біомаси [18]. За складом водоростей-індикаторів ступінь забруднення більшої ділянок Каховського водосховища відноситься до β-α-мезосапробної зони (індекс сапробності у 2010–2012 роках коливався від 1,94 до 2,73), що характеризує воду водосховища як помірно забруднену. Але за середньою чисельністю фітопланктону води Каховського водосховища відноситься до полігіпертрофних, що є суттєвим компонентом екологічного ризику [18]. Дослідженнями у сучасний період встановлено, що фітопланктон пониззя Дніпра формується переважно під впливом фітопланктону з Каховського водосховища, внутрішньоводоймових процесів та фітопланктону заплавної водойми [1]. Він характеризується досить високим видовим багатством і представлений прісноводно-солонуватоводним комплексом, причому частка прісноводних форм становить від 76 до 83% сумарної кількості таксонів. У заплавної водойми зафіксовано найбільше різноманіття водоростей. Основне значення в формуванні таксономічної різноманітності належить діатомовим, зеленим та синьо-зеленим водоростям. Середньорічна біомаса

фітопланктону може бути оцінена у 11,0 г/м³, продукція – 30000 кг/га, що відповідає високому рівню продуктивності.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Оцінка різноманіття біоти, зокрема її автотрофної ланки є одним із найважливіших завдань. Дані, що показують стан фітопланктону можуть бути отримані тільки у рамках постійно діючої системи моніторингу. В умовах постійних змін як гідрологічного режиму Каховського водосховища, так і антропогенного навантаження на екосистему, виникає необхідність у продовженні робіт із вивчення динаміки основних показників фітопланктону. Так, парадоксально низьким виявився рівень гідробіологічних досліджень Каховського водосховища, попри його унікальність.

Новизна. Встановлено особливості розвитку (видове багатство, склад домінуючого комплексу, чисельність, біомасу) фітопланктону Каховського водосховища в літній період. Проведено оцінку біопродукційного потенціалу та потенційної рибопродуктивності водосховища на сучасному етапі (2020–2021 рр.).

Методологічне або загальнонаукове значення. Провідна роль у функціонуванні прісноводних екосистем належить фітопланктону. У водоймах завдяки фотосинтезу формуються потоки енергії, а також фонд автохтонної органічної речовини. Фітопланктон, будучи первинною ланкою трофічних ланцюгів, є одним із основним показників формування якості води, завдяки участі в процесах самоочищення, фізико-хімічній трансформації та біотичному колообігу речовин. Досить швидко зміна якості водного середовища віддзеркалюється у структурно-функціональних характеристиках різноманіття гідробіонтів, насамперед, фітопланктону. Дослідження формування, функціонування автотрофної компоненти штучно створених водойм мають незаперечне теоретичне та прикладне значення для розробки принципів використання біопродукційного потенціалу штучних гідроекосистем і питань біоіндикації.

Викладення основного матеріалу.

Матеріали і методи досліджень. У літній період 2020–2021 рр. у Каховському водосховищі на ділянках – с. Біленьке, р/з Біленьке-Малокатеринівка, р-н с. Малокатеринівка був здійснений відбір фітопланктонних проб. На різних горизонтах фітопланктон відбирали батометром Бекмана. Проби консервували 40 % формальдегідом з розрахунку 1:100. Згущення проб проводили методом седиментації. У лічильній камері Нажотта (0,01 см³) під світловим мікроскопом продивлялися проби фітопланктону, ідентифікували їх, а потім підраховували всіх виявлених видів водоростей на 1,0 дм³ [2, 11].

За визначниками різних авторів проводили визначення таксономічного складу водоростей [5, 6, 19].

Розрахунково-об'ємним методом [2, 13, 16] визначали біомасу фітопланктону. Визначали індекс сапробності (S), використовуючи при цьому метод Пантле і Букка в модифікації Сладечека [35, 41] з використанням списків видів-індикаторів, за якими і встановлювали індикаторне значення сапробних організмів [9].

Індекс сапробності Пантле-Букка (S) обраховували за формулою:

$$S = \sum(s \times h) / \sum h, \text{ де}$$

S – сумарний індекс водного об'єкту;

s – індикаторна значимість виду;

h – абсолютна чисельність виду.

За шестибальною шкалою значень частоти знаходили величину h, на підставі якої визначали відповідну кількість видів.

Результати досліджень. Видове різноманіття фітопланктону в Каховському водосховищі було представлено 49 таксономічними одиницями. Найбільш чисельними були зелені водорості – 23 таксони, діатомові та синьо-зелені налічували – 12 та 10 таксонів, відповідно, а евгленові – 2 та динофітові – 1 таксон.

Середня чисельність фітопланктону влітку 2020 року в Каховському водосховищі на досліджених ділянках складала 122021 тис.кл./дм³ при біомасі 6,379 мг/дм³. Основу чисельності (99%) та біомаси (91%) фітопланктону формували ціанобактерії (синьо-зелені водорості). Діатомові та зелені водорості при незначній чисельності (0,4% та 0,3%) формували 6% та 3%, відповідно загальної біомаси водоростей. Динофітові та евгленові водорості набули зовсім незначного розвитку у водосховищі формуючи загалом 0,1% біомаси водоростей (табл. 1).

Домінуючими видами серед ціанобактерій за чисельністю і біомасою були: *Microcystis wesenbergii* (91% та 84%), *M. aeruginosa* (7% та 6%). Серед діатомових водоростей за біомасою: *Melosira granulata* (2%), *M. italica* (0,5%), *Navicula cryptocephala* (1%) (рис. 1).

Продукція фітопланктону за вегетаційний сезон може скласти 19137,0 кг/га, а можливий промисловий вилов риби за рахунок споживання фітопланктону – 52,1 кг/га.

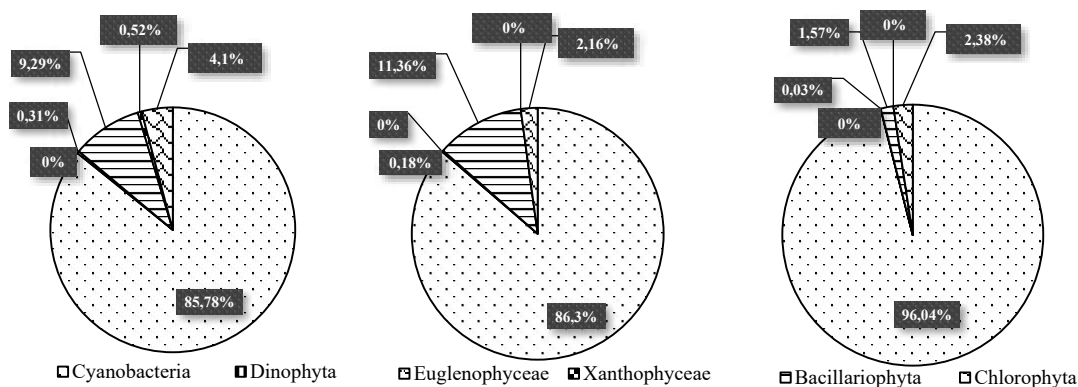
Якість води Каховського водосховища, згідно домінуючих індикаторних видів сапробності, відноситься до β-мезосапробної зони на всіх досліджених ділянках. За чисельністю клітин водоростей індикаторів сапробності переважають водорості, що відносять якість води в Каховському водосховищі до β-мезосапробної зони, так на ділянці «с. Біленьке» вони складають 99,2% від чисельності клітин видів індикаторів, на ділянці «р/з Біленьке-Малокатеринівка» – 99,4%, і «р-н с. Малокатеринівка» – 99,4% (табл. 2).

Всього на різних досліджених ділянках водосховища зафіксовано від 16 до 19 індикаторних видів фітопланктону. Найбільша кількість виявлених у водосховищі видів-індикаторів водоростей відно-

ситься до β -мезосапробної зони. Зокрема на ділянці «с. Біленьке» вони складають 38% від кількості видів індикаторів, на «р/з Біленьке-Малокатеринівка» – 47%, і «р-н с. Малокатеринівка» – 32%. Другими за

чисельністю були α - β -сапроби – складаючи відповідно до ділянок 19%, 21% та 26% (табл. 3).

Влітку 2021 р. видове різноманіття фітопланктону в Каховському водосховищі було представлено



с. Біленьке

р/з Біленьке-Малокатеринівка

р-н с. Малокатеринівка

Рис. 1. Біомаса основних груп фітопланктону у Каховському водосховищі в 2020 р., %

Таблиця 1

Чисельність (тис.кл./дм³) і біомаса (мг/дм³) фітопланктону в Каховському водосховищі, літо 2020 р.

Групи організмів	с. Біленьке		р/з Біленьке-Малокатеринівка		р-н с. Малока-теринівка		Середня	
	тис.кл./л мг/дм ³	%	тис.кл./л мг/дм ³	%	тис.кл./л мг/дм ³	%	тис.кл./л мг/дм ³	%
<i>Cyanobacteria</i>	<u>122543</u> 5,861	<u>98,97</u> 85,78	<u>53428</u> 2,543	<u>98,76</u> 86,30	<u>187140</u> 8,913	<u>99,74</u> 96,04	<u>121210</u> 5,799	<u>99,33</u> 90,86
<i>Euglenophyceae</i>	<u>8,8</u> 0,021	<u>0,01</u> 0,31	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>1,12</u> 0,001	<u>±</u> 0,03	<u>3,3</u> 0,007	<u>±</u> 0,12
<i>Dinophyta</i>	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>2,24</u> 0,005	<u>±</u> 0,18	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0,7</u> 0,002	<u>±</u> 0,03
<i>Bacillariophyta</i>	<u>725</u> 0,635	<u>0,59</u> 9,29	<u>414</u> 0,335	<u>0,77</u> 11,36	<u>188</u> 0,145	<u>0,10</u> 1,57	<u>442</u> 0,371	<u>0,36</u> 5,86
<i>Xanthophyceae</i>	<u>30</u> 0,036	<u>0,02</u> 0,52	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>10</u> 0,012	<u>0,01</u> 0,19
<i>Chlorophyta:</i>	<u>508</u> 0,280	<u>0,41</u> 4,10	<u>255</u> 0,064	<u>0,47</u> 2,16	<u>302</u> 0,222	<u>0,16</u> 2,38	<u>355</u> 0,188	<u>0,29</u> 2,96
<i>Volvocales</i>	<u>218</u> 0,080	<u>0,17</u> 1,18	<u>51</u> 0,020	<u>0,09</u> 0,69	<u>95</u> 0,035	<u>0,05</u> 0,37	<u>121</u> 0,044	<u>0,10</u> 0,71
<i>Ulothryales</i>	<u>108</u> 0,172	<u>0,09</u> 2,51	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>26</u> 0,041	<u>0,01</u> 0,44	<u>45</u> 0,071	<u>0,04</u> 1,11
<i>Chlorococcales</i>	<u>182</u> 0,028	<u>0,15</u> 0,41	<u>199</u> 0,037	<u>0,37</u> 1,22	<u>114</u> 0,016	<u>0,06</u> 0,17	<u>165</u> 0,027	<u>0,14</u> 0,42
<i>Conjugatophyceae</i>	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>4</u> 0,007	<u>0,01</u> 0,25	<u>67</u> 0,130	<u>0,04</u> 1,40	<u>24</u> 0,046	<u>0,02</u> 0,72
Всього	<u>123815</u> 6,833	<u>100</u> 100	<u>54099</u> 2,947	<u>100</u> 100	<u>187631</u> 9,281	<u>100</u> 100	<u>122021</u> 6,379	<u>100</u> 100
Кількість таксонів	24		29		29		49	

Таблиця 2

Оцінка якості води Каховського водосховища згідно наявності організмів індикаторів сапробності в літній період 2020 р.

Види водоростей	Зона сапробності	Індекс сапробності	Чисельність клітин, кл./л на станціях відбору проб		
			с. Біленьке	р/з Біленьке Мало-катеринівка	р-н с. Малока-теринівка
<i>Phacus elegans</i>	о-β	1,5	4480	–	–
<i>Eudorina elegans</i>	β	1,85	–	–	17920
<i>Pandorina morum</i>	β	2,0	138240	–	–
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	β	2,2	–	28	–
<i>S. quadricauda</i>	β	2,0	–	8960	17920
<i>Actinastrum hantzschii</i>	β	2,0	4320	–	–
<i>Pediastrum duplex</i>	β	1,7	–	35840	–
<i>Pediastrum boryanum</i>	β	0,85	600	53760	–
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	β	2,15	–	–	35840
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	о-α	1,75	–	–	11200
<i>Ulothrix zonata</i>	о	1,1	108000	–	25600
<i>Closterium moniliferum</i>	β	2,15	–	–	35840
<i>Stauroastrum apiculatum</i>	β-о	1,6	–	4480	4480
<i>Mougeotia genuflexa</i>	о	1,0	–	–	26880
<i>Spirogyra porticalis</i>	о-β	1,4	–	–	70
<i>Tribonema viride</i>	о-α	2,0	30240	–	–
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	β	2,25	388800	6720	–
<i>Anabaena spiroides</i>	о-β	1,35	–	2100	–
<i>A. flos-aquae</i>	β	2,0	2100	–	–
<i>Gomphosphaeria lacustris</i>	о-β	1,5	–	–	291200
<i>Microcystis aeruginosa</i>	β	1,75	–	20160000	4928000
<i>M. wessenbergii</i>	β	2,0	121608000	32614400	180630400
<i>Merismopedia tenuissima</i>	β-α	2,45	–	3360	–
<i>Amphora ovalis</i>	х-α	1,65	–	8960	6720
<i>Asterionella formosa</i>	о-β	1,4	–	17920	17920
<i>Synedra acus</i>	β	1,85	–	35840	–
<i>S. ulna</i>	х-α	1,95	–	–	2240
<i>Melosira italica</i>	о-β	1,6	108000	22400	44800
<i>M. granulata</i>	β	1,8	216000	89600	–
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	α	2,7	8640	38080	17920
<i>Navicula cryptocephala</i>	α	2,7	345600	190400	96320
<i>N. gracilis</i>	о-β	1,65	17290	–	–
<i>Caloneis amphisbaena</i>	β-α	2,35	25920	–	–
<i>Nitzschia sigmaidea</i>	β	2,0	–	2240	–
<i>Cyclotella comta</i>	о	2,0	3320	6720	2240
Індекс сапробності	–	–	1,85	1,84	1,76

55 таксономічними одиницями. Найбільш чисельними були зелені водорості – 25 таксони, діатомові та синьо-зелені налічували – 16 та 10 таксонів, відповідно, а евгленові – 2 та динофітові – 1 таксон.

Середня чисельність фітопланктону влітку 2021 року в Каховському водосховищі на досліджених ділянках складала 169823,8 тис.кл./дм³ при біомасі 9,181 мг/дм³. Основу чисельності (99%) та біомаси (87%) фітопланктону формували ціанобак-

терії (синьо-зелені водорості). Діатомові та зелені водорості при незначній чисельності (0,6% та 0,6%) формували 9% та 4%, відповідно загальної біомаси водоростей. Динофітові, евгленові та жовто-зелені водорості набули зовсім незначного розвитку у водосховищі формуючи загалом 0,3% біомаси водоростей (табл. 4).

Домінуючими видами серед ціанобактерій за чисельністю і біомасою були: *Microcystis*

Таблиця 3

Кількість видів індикаторів сапробності в Каховському водосховищі, літо 2020 р.

Зона сапробності	Станції відбору проб		
	с. Біленьке	р/з Біленьке-Малокатеринівка	р-н с. Малокатеринівка
β	6	9	6
β - α	2	2	—
α - β	3	4	5
α	2	2	2
α - β	2	1	3
α - β	—	1	2
α - β	1	—	1
всього	16	19	19

Таблиця 4

Чисельність (тис.кл./дм³) і біомаса (мг/дм³) фітопланктону в Каховському водосховищі, літо 2021 р.

Групи організмів	с. Біленьке		р/з Біленьке-Малокатеринівка		р-н с. Малока-теринівка		Середня	
	тис.кл./л мг/дм ³	% %	тис.кл./л мг/дм ³	% %	тис.кл./л мг/дм ³	% %	тис.кл./л мг/дм ³	% %
<i>Cyanobacteria</i>	<u>164261,5</u> 7,909	<u>98,7</u> 84,7	<u>78037,2</u> 3,766	<u>98,3</u> 85,0	<u>261372</u> 12,165	<u>99,1</u> 88,3	<u>167890,2</u> 7,947	<u>98,9</u> 86,6
<i>Euglenophyceae</i>	<u>11,0</u> 0,026	<u>±</u> 0,3	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>1,4</u> 0,002	<u>±</u> +	<u>4,1</u> 0,009	<u>±</u> 0,1
<i>Dinophyta</i>	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>2,8</u> 0,007	<u>±</u> 0,2	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0,9</u> 0,002	<u>±</u> +
<i>Bacillariophyta</i>	<u>1074,6</u> 0,918	<u>0,6</u> 9,8	<u>696,9</u> 0,522	<u>0,9</u> 11,7	<u>1034,7</u> 1,103	<u>0,4</u> 8,0	<u>935,4</u> 0,848	<u>0,6</u> 9,2
<i>Xanthophyceae</i>	<u>37,8</u> 0,045	<u>0,1</u> 0,5	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>12,6</u> 0,015	<u>±</u> 0,2
<i>Chlorophyta:</i>	<u>1012,6</u> 0,437	<u>0,6</u> 4,7	<u>639,0</u> 0,137	<u>0,8</u> 3,1	<u>1289,8</u> 0,507	<u>0,5</u> 3,7	<u>980,6</u> 0,36	<u>0,5</u> 3,9
<i>Volvocales</i>	<u>291,6</u> 0,107	<u>0,2</u> 1,2	<u>64,0</u> 0,025	<u>0,1</u> 0,6	<u>239</u> 0,103	<u>0,1</u> 0,7	<u>198,2</u> 0,079	<u>0,1</u> 0,8
<i>Ulothryales</i>	<u>135</u> 0,215	<u>0,1</u> 2,3	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>32</u> 0,051	<u>±</u> 0,4	<u>55,7</u> 0,087	<u>±</u> 1,0
<i>Chlorococcales</i>	<u>581,9</u> 0,112	<u>0,3</u> 1,2	<u>566,7</u> 0,098	<u>0,7</u> 2,2	<u>934,7</u> 0,191	<u>0,4</u> 1,4	<u>694,5</u> 0,134	<u>0,4</u> 1,5
<i>Conjugatophyceae</i>	<u>4,1</u> 0,003	<u>±</u> +	<u>8,3</u> 0,014	<u>±</u> 0,3	<u>84,1</u> 0,162	<u>±</u> 1,2	<u>32,2</u> 0,06	<u>±</u> 0,6
Всього	<u>166397,5</u> 9,335	<u>100</u> 100	<u>79375,9</u> 4,432	<u>100</u> 100	<u>263697,9</u> 13,777	<u>100</u> 100	<u>169823,8</u> 9,181	<u>100</u> 100
Кількість таксонів	38		34		41		55	

wesenbergii (88% та 78%), *M. aeruginosa* (6% та 6%), *Aphanizomenon flos-aquae* (1% та 2%). Серед діатомових водоростей за біомасою: *Melosira granulata* (2%), *M. italica* (2%), *Navicula cryptocephala* (1%), *Cymatopleura solea* (1%) (рис. 2).

Потенційна продукція фітопланктону за вегетаційний сезон може скласти 27543,0 кг/га, а можливий промисловий вилов риби за рахунок споживання фітопланктону – 76,7 кг/га.

Якість води Каховського водосховища, згідно домінуючих індикаторних видів сапробності, відноситься до β -мезосапробної зони на всіх досліджених ділянках. За чисельністю клітин водоростей індикаторів сапробності переважають водорості, що відносяться до β -мезосапробної зони. Так на ділянці «с. Біленьке» вони складають 98% від чисельності клітин видів індикаторів, на ділянці «р/з Біленьке-Малокатеринівка» – 97%, і «р-н с. Малокатеринівка» – 95% (табл. 5).

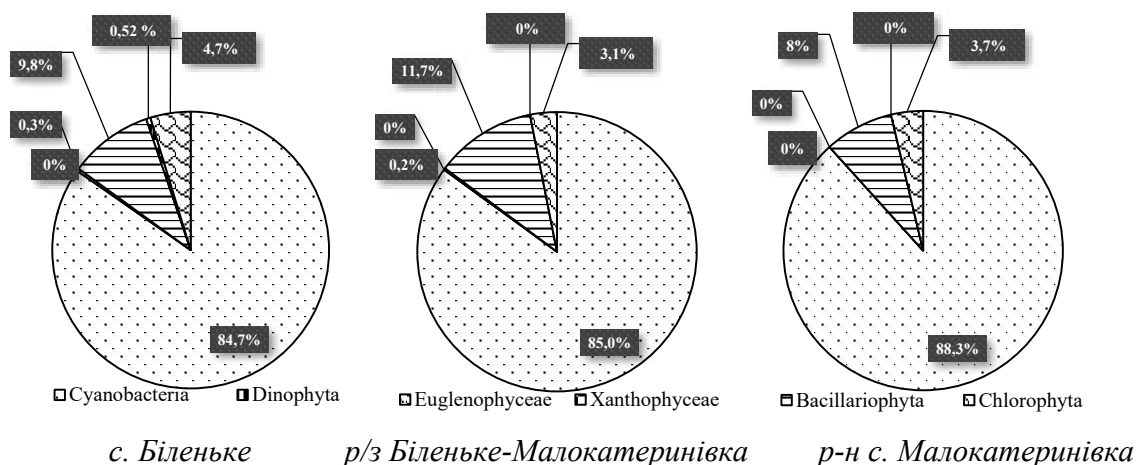


Рис. 2. Біомаса основних груп фітопланктону у Каховському водосховищі в 2021 р., %

Всього на різних досліджених ділянках водосховища зафіксовано від 21 до 26 індикаторних видів фітопланктону. Найбільша кількість видів індикаторів водоростей зафіксованих у водосховищі відноситься до β -мезосапробної зони, так на ділянці «с. Біленьке» вони складають 38% від кількості видів індикаторів, на «р/з Біленьке-Малокатеринівка» – 43%, і «р-н с. Малокатеринівка» – 42%. Другими за чисельністю були α -сапроби – складаючи відповідно до ділянок 25%, 24% та 23% (табл. 6).

Надходження у Каховське водосховище органічних речовин та мінеральних солей з стічними водами підприємств, які знаходяться поблизу, призводить до поширення, а також збільшення кількості видів хлорококових та синьо-зелених водоростей, що є властивим для водойм із високою евтрофікацією [8]. Зазвичай, кожного року по всій акваторії водосховища відбувається два спалахи цвітіння води, що спостерігається навесні – діатомовими водоростями при температурі води 4–8 °C у березні-квітні та літньо-осінній період синьо-зеленими водоростями за температури води вище 19 °C із середини червня і до початку жовтня. Перше цвітіння зумовлюється водоростями роду *Melosira*, а друге – *Microcystis*. Враховуючи весняне «цвітіння», біомаса фітопланктону в центральній частині водосховища у 2010 році варіювала від 4,8 до 46 г/м³ за норми для рибогосподарських водойм – 20–30 г/м³. Найбільш небезпечними є спекотні сонячні дні, коли температура повітря підвищується до 18–32 °C, а води 21–25,8 °C. У результаті летальних наслідків з екосистеми випадають найчутливіші види – рак широкопалый (*Astacus astacus*), судак звичайний (*Sander lucioperca*) тощо [37].

Необхідно зауважити, що синьо-зелені водорості – *Microcystis*, *Anabaena* виділяють токсини, що негативно впливають на процеси природного самоочищення водойм. Експериментально встанов-

лено, що токсини синьо-зелених водоростей пригнічують життєдіяльність нітрифікуючих бактерій, у зв'язку з чим процес мінералізації закінчується на першій фазі, що супроводжується зниженням у воді концентрації мінералізованих форм азоту [4, 31, 33, 37, 39, 40, 49]. Схожі явища здатні призводити до загибелі гідробіонтів, а також масових задух риб на водоймах. Деякі види ціанобактерій виробляють токсини, які впливають на здоров'я людей [43], коли вони вживають забруднену воду, рибу, молюски, купаються у водоймі. За впливом на організм людини токсини ціанобактерій поділяють на гепатотоксини (впливають на печінку) і нейротоксини (впливають на нервову систему) [23]. Ціанобактерії виду *Cylindrocapsa raciborskii* можуть виробляти токсичні алкалоїди, що спричиняють у людей гастроентерологічні симптоми чи хвороби нирок [42].

Від високих рівнів концентрації токсинів ціанобактерій у воді також можуть отруїтися тварини, птахи і риби. Для них вони несуть смертельну небезпеку. Досить відомі випадки масового отруєння домашніх тварин, що пили воду з водойм із синьо-зеленими водоростями [22].

Прісноводні ціанобактерії (синьо-зелені водорості) – *Microcystis aeruginosa* і *Anabaena flos-aquae* можуть продукувати гепатотоксичні пептиди, які спричиняють ознаки отруєння в мишей (LD₅₀, 50 мкг/кг) [25, 26].

У Каховському водосховищі виявлено, що домінуючими видами серед ціанобактерій за чисельністю та біомасою в літній період 2020 року були: *Microcystis wessenbergii*, *M. aeruginosa*, у 2021 році – *Microcystis wessenbergii*, *M. aeruginosa*, *Aphanizomenon flos-aquae*. Проаналізувавши дані по фітопланктону, а також його наявну продукцію встановлено, що у водосховищі риби – фітофаги цілком забезпечені їжею.

Таблиця 5

**Оцінка якості води Каховського водосховища згідно наявності організмів
індикаторів сапробності в літній період 2021 р.**

Види водоростей	Зона сапробності	Індекс сапробності	Чисельність клітин, кл./л на станціях відбору проб		
			с. Біленьке	р/з Біленьке Мало-катеринівка	р-н с. Малока-теринівка
<i>Phacus elegans</i>	о-β	1,5	5600	—	—
<i>Eudorina elegans</i>	β	1,85	10910	—	22400
<i>Pandorina morum</i>	β	2,0	180800	—	120000
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	β	2,2	—	35	105000
<i>S. quadricauda</i>	β	2,0	8580	17450	157400
<i>Actinastrum hantzschii</i>	β	2,0	5400	—	—
<i>Pediastrum duplex</i>	β	1,7	—	44800	24000
<i>Pediastrum boryanum</i>	β	0,85	80529	158571	—
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	β	2,15	—	—	44800
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	о-α	1,75	5455	—	—
<i>Ulothrix zonata</i>	о	1,1	135000	—	32000
<i>Closterium moniliferum</i>	β	2,15	—	—	44800
<i>Stauroastrum apiculatum</i>	β-о	1,6	1363	8327	5600
<i>Mougeotia genuflexa</i>	о	1,0	—	—	33600
<i>Spirogyra porticalis</i>	о-β	1,4	—	—	87
<i>Tribonema viride</i>	о-α	2,0	37800	—	—
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	β	2,25	2204325	1522163	3015000
<i>Anabaena spiroides</i>	о-β	1,35	37503	77631	220833
<i>A. flos-aquae</i>	β	2,0	42173	—	—
<i>Gomphosphaeria lacustris</i>	о-β	1,5	22500	45000	4564000
<i>Microcystis aeruginosa</i>	β	1,75	—	25200000	8185000
<i>M. wessenbergii</i>	β	2,0	160703906	50382438	236916333
<i>Merismopedia tenuissima</i>	β-α	2,45	—	4200	4992000
<i>Amphora ovalis</i>	х-α	1,65	—	11200	8400
<i>Asterionella formosa</i>	о-β	1,4	—	22400	22400
<i>Synedra acus</i>	β	1,85	500	44800	24000
<i>S. ulna</i>	х-α	1,95	1681	1363	19300
<i>Melosira italica.</i>	о-β	1,6	244100	180740	626000
<i>M. granulata</i>	β	1,8	310912	112000	81000
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	α	2,7	10800	47600	22400
<i>Navicula cryptocephala</i>	α	2,7	446319	261183	144400
<i>N. gracilis</i>	о-β	1,65	21612	—	—
<i>Caloneis amphisbaena</i>	β-α	2,35	32400	—	—
<i>Nitzschia sigmaidea</i>	β	2,0	—	2800	—
<i>Cyclotella comta</i>	о	2,0	4150	8400	2800
Разом			166397584	79375984	263697870
Індекс сапробності	—	—	2,38	1,83	1,82

Головні висновки. Влітку 2020–2021 рр. біомаса фітопланктону Каховського водосховища варіювала у межах 6,379 мг/дм³ (2020 р.) до 9,181 мг/дм³ (2021 р.), значною мірою формувалась за рахунок розвитку синьо-зелених водоростей. Продукційні можливості Каховського водосховища влітку 2020–2021 рр. становили від 19137,0 до 27543,0 кг/га, тобто сучасний рівень вегетації водоростей може

забезпечити промисловий вилов риби фітопактофагів на рівні 52,1–76,7 кг/га. Якість води Каховського водосховища, згідно домінуючих індикаторних видів сапробності, відноситься до β-мезосапробної зони на всіх досліджених ділянках. За чисельністю клітин водоростей індикаторів сапробності переважають водорості, що відносять якість води в Каховському водосховищі до β-мезосапробної

Таблиця 6

Кількість видів індикаторів сапробності в Каховському водосховищі, літо 2021 р.

Зона сапробності	Станції відбору проб		
	с. Біленьке	р/з Біленьке-Малокатеринівка	р-н с. Малокатеринівка
β	9	9	11
α - β	6	5	6
β - α	2	2	2
α	2	2	2
α	2	1	3
α - α	1	2	2
α - α	2	—	—
всього	24	21	26

зони. Другими за чисельністю були α - β -сапроби. Необхідно і надалі проводити дослідження зміни чисельності та видового складу фітопланктону Каховського водосховища, так як він може бути індикатором раннього попередження забруднення та використаний для контролю подальших змін у водному середовищі.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати наших досліджень можуть бути використані у подальших моніторингових дослідженнях зміни кількісного та видового складу

фітопланктону Каховського водосховища. Видовий склад, таксономічне різноманіття, кількісний розвиток, структурна організація домінуючого комплексу визначає біоценологічні зв'язки водних екосистем, формує потоки енергії та колообіг речовин, визначає біоресурсний потенціал, який є основою природної кормової бази в системі «фітопланктон → зоопланктон → риби». Функціональні характеристики фітопланктону формують кисневий режим водних екосистем, визначають їхній самоочисний потенціал, що є основою якості води.

Література

- Алексенко Т. Л. Класифікація плавневих водойм пониззя Дніпра за біологічними показниками. Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол. 2010. № 2 (43). С. 3–6.
- Арсан О. М., Давидов О. А., Дьяченко Т. М. та ін. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод; за ред. В. Д. Романенка; НАН України. Ін-т гідробіології. Київ: «Логос», 2006. 408 с.
- Денисова А. И., Тимченко В. М., Нахшина Е. П. и др. Гидрология и гидрохимия Днепра и его водохранилищ. Отв. ред. М. А. Шевченко; АН УССР. Институт гидробиологии. Киев: Наук. думка, 1989. 216 с.
- Кирпенко Ю. А. Комбинированное действие токсина синезеленых водорослей и некоторых компонентов промышленных стоков на показатели качества воды. Гидробиол. журн. Т. XVIII. № 4. 1982. С. 35–37.
- Кондратьева Н. В. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Вип. 2. Синьо-зелені водорості – Cyanophyta. Клас Гормогонієві – Heterogoniophyceae. Київ: Наук. думка, 1968. 524 с.
- Коршиков О. А. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Вип. 4. Київ: Вид-во Акад. наук УРСР, 1938. 184 с.
- Машковський Н. І. Гідрологічний режим Дніпра в умовах зарегулювання стоку / Київ: Наук. думка, 1967. 387 с.
- Оксіюк О. П. Мікрофітобентос Каховського водосховища в сучасний період. Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол. Спеціальний випуск: Гідроекологія. 2010. № 2 (43). С. 377 – 379.
- Олексів І. Т. Показники якості природних вод з екологічних позицій. Львів: Світ, 1992. 232 с.
- Піднебесна Г. А., Курейшевич А. В. Дослідження індуктивними методами впливу різних факторів на вміст хлорофілу а у фітопланктоні Каховського водосховища. *Індуктивне моделювання складних систем*. 2016. Вип. 8. С. 167–175.
- Приймаченко А. Д. Фитопланктон и первичная продукция Днепра и Днепровских водохранилищ. Київ: Наук. думка, 1981. 271 с.
- Сиренко Л. А., Гавриленко М. Я. Цветение воды и евтрофирование. Киев: Наукова думка, 1978.
- Топачевский А. В., Масюк И. П. Пресноводные водоросли Украинской ССР / Под ред. М. Ф. Макаровича. Киев: Вища школа, 1984. 336 с.
- Федоненко О. В., Єсіпова Н. Б., Шарамок Т. С., Маренков О. М. Гідроекологічний стан Каховського водосховища. *Питання біоіндикації та екології*. Запоріжжя: ЗНУ. 2010. Вип. 15. № 2. С. 214–222.
- Щербак В. И., Семенюк Н. Е., Рудик-Леуская Н. Я. Акваландшафтное и биологическое разнообразие Национального природного парка «Нижнесульский», Украина / Под ред. В. И. Щербака. Киев: Фитосоцицентр, 2014. 266 с.
- Щербак В. И. Методи досліджень фітопланктону. Методичні основи гідробіологічних досліджень водних екосистем. Київ, 2002. С. 41–47.
- Bortolini J. C., da Silva P. R. L., Baumgartner G., Bueno N. C. Response to environmental, spatial, and temporal mechanisms of the phytoplankton metacommunity: comparing ecological approaches in subtropical reservoirs. *In Hydrobiologia*. 2018. Vol. 830. N 1. P. 45–61.

18. Breus D. S. Study of the ecological condition of the aquatorium of the Kakhovka water reservoir. *In Water bioresources and aquaculture*. 2020. N 2. P. 9–19.
19. Bukhtiyarova L. M. Diatoms of Ukraine. Inland waters. Kyiv, 1999. 133 p.
20. Cardoso A. S., Marwell D. T. B., Sobral M. do C. M., Melo G. L. de, Casé M. C. C. Análise da presença do fitoplâncton em bacia integrante do Projeto de Integração do Rio São Francisco, região semiárida, Nordeste brasileiro. *In Engenharia Sanitaria e Ambiental*. 2016. Vol. 22. N 2. P. 261–269.
21. Francé J., Varkitzi I., Stanca E., Cozzoli F., Skejić S., Ungaro N., Vascotto I., Mozetič P., Ninčević Gladan Ž., Assimakopoulou G., Pavlidou A., Zervoudaki S., Pagou K., Basset A. Large-scale testing of phytoplankton diversity indices for environmental assessment in Mediterranean sub-regions (Adriatic, Ionian and Aegean Seas). *In Ecological Indicators*. 2021. Vol. 126. 107630 p.
22. Francis G. Poisonous Australian Lake. *In Nature*. 1878. Vol. 18, N 444. P. 11–12.
23. Holtcamp W. The Emerging Science of BMAA: Do Cyanobacteria Contribute to Neurodegenerative Disease? *In Environmental Health Perspectives*. 2012. Vol. 120. N 3.
24. Hu R., Duan X., Peng L., Han B., Naselli-Flores L. Phytoplankton assemblages in a complex system of interconnected reservoirs: the role of water transport in dispersal. *In Hydrobiologia*. 2017. Vol. 800. N 1. P. 17–30.
25. Khyzhniak M. I., Rudyk-Leuska N. Y., Yevtushenko N. Y., Leuskyi M. V., Dudnyk S. V., Danchuk O. V., Dumych O. Y. Development and structure of phytoplankton in the middle part of Kremenchug reservoir. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10. N 4. P. 132–136.
26. Krishnamurthy T., Carmichael W. W., Sarver E. W. Toxic peptides from freshwater cyanobacteria (blue-green algae). I. Isolation, purification and characterization of peptides from *Microcystis aeruginosa* and *Anabaena flos-aquae*. *In Toxicon*. 1986. Vol. 24. N 9. P. 865–873.
27. Li Y., Meng J., Zhang C., Ji S., Kong Q., Wang R., Liu J. Bottom-up and top-down effects on phytoplankton communities in two freshwater lakes. *In X. Guo (Ed.), PLOS ONE*. 2020. Vol. 15. N 4. e0231357 p.
28. Liu B., Stevenson R. J. Improving assessment accuracy for lake biological condition by classifying lakes with diatom typology, varying metrics and modeling multimetric indices. *In Science of The Total Environment*. 2017. Vol. 609. P. 263–271.
29. Lv J., Wu H., Chen M. Effects of nitrogen and phosphorus on phytoplankton composition and biomass in 15 subtropical, urban shallow lakes in Wuhan, China. *In Limnologia*. 2011. Vol. 41. N 1. P. 48–56.
30. Ma W.-X., Huang T.-L., Li X., Zhang H.-H., Ju T. Impact of short-term climate variation and hydrology change on thermal structure and water quality of a canyon-shaped, stratified reservoir. *In Environmental Science and Pollution Research*. 2015. Vol. 22. N 23. P. 18372–18380.
31. Mishra P., Garg V., Dutt K. Seasonal dynamics of phytoplankton population and water quality in Bidoli reservoir. *In Environmental Monitoring and Assessment*. 2019. Vol. 191. N 3.
32. Morozov O. V., Morozova O. S., Kerimov A. N. Hydrochemical mode of surface waters under climate change in the southern region of Ukraine. *In Water bioresources and aquaculture*. 2020. N 1. P. 24–34.
33. Nikolenko Y., Fedonenko O. Seasonal dynamics of phytoplankton indicators of the Zaporizhzhia (Dnipro) reservoir phytoplankton of the Zaporozhye reservoir. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. P. 121–128.
34. Oberholster P., Botha A.-M., Grobbelaar J. *Microcystis aeruginosa*: source of toxic microcystins in drinking water. *In African Journal of Biotechnology*. 2003. Vol. 3. N 3. P. 159–168.
35. Pantle F., Buck H. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. *Gas-und Wasserfach*. 1955. Bd 96. N 18. 604 S.
36. Rasconi S., Winter K., Kainz M. J. Temperature increase and fluctuation induce phytoplankton biodiversity loss – Evidence from a multi-seasonal mesocosm experiment. *In Ecology and Evolution*. 2017. Vol. 7. N 9. P. 2936–2946.
37. Rudyk-Leuska N. Ya., Yevtushenko N. Yu., Khyzhniak M. I., Leuskyi M. V., Kononenko R. V., Tson N. I., Dumych O. Y. Influence of temperature on the aquatic biota. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10. N 3. P. 102–105.
38. Shcherbak V. I. Phytoplankton as a Model Object of Evaluating the Influence of Power Complexes on Water Ecosystems. *Engineering Simulation*. 1999. Vol. 16. P. 513–519.
39. Shevchuk S. A., Vishnevsky V. I., Shevchenko I. A., Kozytsky O. M. Research of water bodies of Ukraine using remote sensing data of the Earth. *Recruitment and water management*. 2019. Vol. 2. P. 146–156.
40. Sirenko L. A., Kirpenko Yu. A. Biologically Active Metabolites of Blue-Green Algae and Their Role in Epidemiology. *In Hydrobiological Journal*. 2000. Vol. 36. N 5. 14 p.
41. Sládeček V. (1973). System of water quality from the biological point of view. *Ergebnisse der Limnologie*. 1973. Vol. 7. N 1. P. 1–128.
42. Stewart I., Seawright A. A., Shaw G. R. Cyanobacterial poisoning in livestock, wild mammals and birds – an overview. *In Advances in Experimental Medicine and Biology*. 2008. P. 613–637.
43. Stewart I., Webb P. M., Schluter P. J., Shaw G. R. Recreational and occupational field exposure to freshwater cyanobacteria – a review of anecdotal and case reports, epidemiological studies and the challenges for epidemiologic assessment. *In Environmental Health*. 2006. Vol. 5, N 1.
44. Stotts R. R., Namikoshi M., Haschek W. M., Rinehart K. L., Carmichael, W. W., Dahlem, A. M., & Beasley, V. R. Structural modifications imparting reduced toxicity in microcystins from *Microcystis* spp. *In Toxicon*. 1993. Vol. 31. N 6. P. 783–789.
45. Sukhodol'skaya I. L., Manturova O. V., Griuk I. B. Phytoplankton of Small Rivers of the Rivne Region (Ukraine) and Relation of its Quantitative Parameters with Nutrients Content. *In Hydrobiological Journal*. 2015. Vol. 51. N 5. P. 50–61.
46. Vallina S. M., Cermenio P., Dutkiewicz S., Loreau M., Montoya J. M. Phytoplankton functional diversity increases ecosystem productivity and stability. *In Ecological Modelling*. 2017. Vol. 361. P. 184–196.
47. Wang S., Qian X., Han B.-P., Luo L.-C., Hamilton D. P. Effects of local climate and hydrological conditions on the thermal regime of a reservoir at Tropic of Cancer, in southern China. *In Water Research*. 2012. Vol. 46. N 8. P. 2591–2604.

48. Yakovenko V., Melnik S., Fedonenko E. Species Composition, Seasonal Dynamics and Distribution of Phytoplankton of the Zaporizke Reservoir. *In International Letters of Natural Sciences*. 2017. Vol. 62. P. 1–10.
49. Yan M., Chen S., Huang T., Li B., Li N., Liu K., Zong R., Miao Y., Huang X. Community Compositions of Phytoplankton and Eukaryotes during the Mixing Periods of a Drinking Water Reservoir: Dynamics and Interactions. *In International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020. Vol. 17. N 4. 1128 p.
50. Yang M., Xia J., Cai W., Zhou Z., Yang L., Zhu X., Li C. Seasonal and spatial distributions of morpho-functional phytoplankton groups and the role of environmental factors in a subtropical river-type reservoir. *In Water Science and Technology*. 2020. Vol. 82. N 11. P. 2316–2330.
51. Zadorozhna G. M., Shcherbak V. I. Effect of solar radiation and water temperature on development of phytoplankton in the Kaniv reservoir. *Hydrobiological Journal*. Kyiv. 2016. Vol. 53. N 1.