

ЗМІНИ СТРУКТУРНИХ ПОКАЗНИКІВ ФІТОПЛАНКТОНУ Р. ДНІПРО В РАЙОНІ М. ХЕРСОН ПІСЛЯ РУЙНУВАННЯ ГРЕБЛІ КАХОВСЬКОЇ ГЕС¹

Середа Т.М., Мантурова О.В., Афанасьєв С.О.

Інститут гідробіології Національної академії наук України
пр. Володимира Івасюка, 12, 04210, Київ
seredatm@ukr.net, omanturova@ukr.net, safanasyev@ukr.net

Серед комплексу чинників, що зумовлювали формування угруповань гідробіонтів та якість води Нижнього Дніпра, провідна роль належала Каховському водосховищу. Головним чинником функціонування річкової екосистеми в останні десятиліття був режим добових і тижневих попусків Каховської ГЕС, що зумовлював короткотермінові коливання води в руслі та інтенсивність водообміну з водоймами гирлової ділянки Дніпра. Структура дніпровського фітопланктону в районі м. Херсон за ретроспективними даними останнього десятиліття відзначалася широкою амплітудою коливань кількісних показників, що підтверджує нестабільний режим в руслі Дніпра до руйнування греблі.

Порівняльний аналіз структури літнього фітопланктону до руйнування греблі Каховської ГЕС (2018–2021 рр.) та після витоку Каховського водосховища через русло Дніпра в районі м. Херсон (2023 р.) встановив зміни у формуванні планктонних угруповань. Так, фітопланктон влітку 2018–2021 рр. характеризувався багатим видовим складом, переважно діатомових, зелених і ціанобактерій, але низькими показниками їх кількісного розвитку, чисельність угруповань була нижчою майже в 3 рази, біомаса – в 9–20 разів. Характерною ознакою фітопланктону Дніпра в умовах впливу режиму ГЕС було встановлено полідомінантний, але неусталений характер формування біомаси угруповань з переважанням у 2018 р. ціанобактерій і динофітових водоростей літнього епілімніону, у 2019 р. – діатомових лотичних умов, у 2021 р. – евгленових водоростей і зелених вольвоксових водоростей.

Після руйнування дамби фітопланктон продемонстрував певну стабільність якісних і кількісних показників влітку 2023 р. Загальною рисою літнього фітопланктону варто відзначити домінування діатомових і зелених водоростей, що розвиваються в умовах евтрофного епілімніону, за участі ціанобактерій, динофітових і евгленових водоростей. Періодична поява евгленових і зелених вольвоксових водоростей у домінуючому комплексі фітопланктону свідчить про надходження до русла легко доступних органічних речовин з площі водозбору та із залишкових водойм колишнього Каховського водосховища в результаті паводків. *Ключові слова:* фітопланктон, чисельність, біомаса, домінуючі комплекси, функціональні групи водоростей, Дніпро в районі м. Херсон, руйнування Каховської греблі.

Changes in structural indicators of dnieper phytoplankton nearby the kherson city after the demolition of the kakhovskia hydropower plant DAM. Sereda T., Manturova O., Afanasyev S.

Among a set of factors that conditioned forming of the hydrobionts' communities and water quality of the Lower Dnieper section, the crucial role was played by the Kakhovka reservoir. The main factor of the riverine ecosystem functioning over the last decades consisted in regime of the daily and weekly discharges of the Kakhovka hydropower plant (HPP), that conditioned the short-term fluctuations of water level in the riverbed and intensity of the water exchange with the water bodies of the mouth area. According to the literature data, over the last decade the structure of the Dnieper phytoplankton nearby the Kherson city was characterized by wide amplitude of the quantitative parameters' fluctuation, that confirmed to the unstable hydrological regime in the Dnieper riverbed downstream Kakhovka NPP before the dam demolition.

Comparative analysis of the summer phytoplankton nearby the Kherson city before the Kakhovka dam demolition (2018–2021) and after emptying of the Kakhovka reservoir through the Dniper (2023) revealed changes in the planktonic communities forming. Thus, in summer 2018–2021 phytoplankton was rich in species, comprised mainly Bacillariophyta, Chlorophyta and Cyanobacteria, at this, quantitative parameters were low; phytoplankton numbers were almost three times lower, biomass 9–20 times lower. The peculiar feature of the Dnieper phytoplankton under the influence of the Kakhovka HPP operation consisted in polydominant however unstable character of the communities' biomass forming. Thus, in 2018 prevailed Cyanobacteria and Miozoa of the summer epilimnion, in 2019 – diatoms of the lotic habitats, in 2021 – Euglenozoa and Volvocales.

After the dam demolition, phytoplankton in summer 2023 demonstrated the certain stability of the quantitative and qualitative parameters. The main feature consisted in prevailing of Bacillariophyta and Chlorophyta developing in conditions of the eutrophic epilimnion, with participation of Cyanobacteria, Miozoa and Euglenozoa. Periodic occurrence of Euglenozoa and Volvocales in the dominant complex indicated income of the easily accessible organic matters washed off the catching area and residual water bodies of the former Kakhovka reservoir over the floods. *Key words:* phytoplankton, cell count, biomass, dominant species complex, functional groups of algae, Dnieper nearby the Kherson city, Kakhovka dam demolition.

¹ Робота виконана за бюджетною програмою КПКВК 6541230 «Підтримка пріоритетних для держави наукових досліджень і науково-технічних (експериментальних) розробок»

Постановка проблеми. Гирлова ділянка Дніпра розташована на Причорноморській низовині і являє собою розвинену дельту, представлену системою островів, розділених протоками і рукавами, які сполучаються з Дніпровсько-Бузьким лиманом. Ширина річкової долини – 4–6 км, правий берег – високий, лівий – пологий, низинний, глибини в межах 5–7 м, швидкість течії – 0,6–0,7 м/с. В заплаві Нижнього Дніпра розташовані Херсонські плавні, які є унікальним природним фільтром для дніпровської води.

Серед комплексу чинників, що зумовлювали формування гідробіотів та якості води Нижнього Дніпра, провідна роль належала Каховському водосховищу [1, 2]. Головним чинником функціонування річкової екосистеми в останні десятиліття був режим добових і тижневих попусків Каховської ГЕС, що зумовлював короткотермінові коливання води в руслі. В основному руслі і придатковій системі протягом доби відмічалися одно- і двопікові прямі довгі хвилі, фазова швидкість яких досягала 7–8 м/с, з поступальним переміщенням водних мас від греблі ГЕС до гирла зі швидкістю 2–6 м/с, завдяки яким відбувався водообмін руслової мережі із заплавами водоймами. Період зовнішнього водообміну водойм гирлової ділянки Дніпра становив від двох до кількох десятків діб, що і визначало суттєві відмінності екологічного стану як в руслі, так і в водних об'єктах річкової екосистеми [3].

У перші дні після підриву греблі (6 червня 2023 р.) на тлі аномального пришвидшення і турбулізації течії Дніпра, зриву донних наносів, стрімкого підвищення каламутності, затоплення територій, спостерігався винос з Каховського водосховища величезної кількості планктону. Так, за розрахунками в перший тиждень після підриву греблі виносилось від 6 до 17 тис. т мікродоростей на добу [4]. Вплив на біорізноманіття і стан водних та прибережних екосистем вище греблі був менш стрімким, але значно більш тривалим та масштабним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За ретроспективними даними останнього десятиліття структура дніпровського фітопланктону в районі м. Херсон до руйнування греблі відзначалася широкою амплітудою коливань кількісних показників, що підтверджує нестабільний режим в руслі Дніпра.

Так, дослідження Г.М. Мінаєвої [1] в період 2016–2020 рр. свідчать, що якісну структуру фітопланктону формували зелені, діатомові і ціанобактерії, частка яких у загальному флористичному спектрі складала відповідно 37, 29 і 18 %, частка евгленових – 6 %. Показники кількісного розвитку фітопланктону були на рівні 2,3–2,7 млн. кл/дм³ і 0,49–0,84 мг/дм³. Серед ціанобактерій, які домінували за чисельністю, переважали представники родів *Microcystis*, *Oscillatoria*, *Merismopedia*, *Anabaenopsis*. Навесні основу біомаси формували діатомей родів *Melosira*, *Stephanodiscus*, *Aulacoseira*, влітку – зелені водорості роду *Chlamydomonas*, динофітові роду

Peridinium, діатомові роду *Aulacoseira*, восени – діатомові родів *Melosira*, *Stephanodiscus*, *Aulacoseira*, *Synedra*, зелені родів *Desmodesmus*, *Chlamydomonas*, динофітові роду *Peridinium*, іноді у супроводі ціанобактерій і евгленових.

За даними В.І. Щербака зі співавторами [2] у фітопланктоні р. Дніпро в межах м. Херсон влітку 2018 р. відмічена інтенсивна вегетація ціанобактерій, зелених і діатомових, частка чисельності яких відповідно складала 62–65, 18–32 і 1–12 %, частка біомаси – 4–18, 48–50 і 6–35 %. Загальні показники кількісного розвитку досягали 64,2–119,9 млн. кл/дм³ і 17,7–21,8 мг/дм³. Домінували ціанобактерії родів *Microcystis*, *Oscillatoria*, *Gloeocapsa*, зелені – *Coelastrum*, *Coenochloris*, *Pediastrum*, *Chlamydomonas*, діатомові – *Stephanodiscus*, *Aulacoseira*, динофітові – *Peridinium*.

За мету цієї роботи поставлено проаналізувати формування структурних показників літнього фітопланктону р. Дніпро в районі м. Херсон до та після руйнування дамби Каховської ГЕС.

Актуальність і новизна досліджень зумовлені практично відсутністю робіт, присвячених вивченню зміни режиму вищерозташованої ділянки від лентичного до лотичного як основного чинника впливу на формування структури угруповань гідробіотів при відновленні річкового стоку.

Матеріал і методи досліджень. Матеріалом досліджень і аналізу роботи є структурні показники фітопланктону р. Дніпро в районі м. Херсон до руйнування греблі Каховської ГЕС (липень–серпень 2018–2021 рр.) і після витоку Каховського водосховища через русло річки (червень–серпень 2023 р.).

Відбір, консервування та обробка фітопланктонних проб здійснювались згідно загальноприйнятим в гідробіології та альгології методикам [5]. Проби відбирали батометром Руттнера об'ємом 1 л з глибини 0,3–0,5 м. Після відстоювання проби концентрували методом седиментації. Камеральне опрацювання проб проводили в камері Нажотта об'ємом 0,02 см³ за допомогою світлового мікроскопу Carl Zeiss (окуляр 10^x, об'єктив x40). Чисельність водоростей визначали методом прямого підрахунку, біомасу – стереометричним методом. Для визначення таксономічного складу водоростей використовували сучасні вітчизняні та закордонні визначники. Домінуючими вважали види та внутрішньовидові таксони водоростей, частка яких переважає 10% загальних показників видового складу, чисельності або біомаси, субдомінантами – 5–10% кількісного різноманіття угруповань.

З метою аналізу змін та розкриття механізмів формування структури фітопланктону застосовано метод функціональної класифікації водоростей. Функціональні групи (кодони) і фактор F, згруповані за функціональною, біотопічною, морфологічною та екологічною різноманітністю водоростей визначали за таблицями і формулами [6].

Результати досліджень. Наші оригінальні дані досліджень фітопланктону річки в районі м. Херсон влітку протягом 2018–2021 рр. продемонстрували багатий видовий склад та низькі показники розвитку угруповань. Видове багатство змінювалося в межах 31–42 внутрішньовидових таксонів (ввт) водоростей, представлене переважно діатомово-зеленим комплексом з домінуванням діатомових на рівні 28–29 %, зелених – 38–62 %, серед яких максимальна частка припадала на 2019 р. Частка ціанобактерій коливалася в межах 7–19 %, максимальні значення зареєстровані у 2018 р.

Чисельність літнього фітопланктону у 2018 р. була найвищою за період досліджень і досягала 6500 тис. кл/дм³ переважно за рахунок інтенсивного розвитку ціанобактерій на рівні 82 %, у 2019 р. чисельність становила 3296 тис. кл/дм³ за домінування зелених і діатомових водоростей відповідно на рівні 47 і 35 %, у 2021 р. – 3176 тис. кл/дм³ за рахунок вегетації ціанобактерій на рівні 54 % у супроводі зелених 27 % і діатомових 11 % (рис. 1). За чисельністю в період досліджень домінували ціанобактерії роду *Microcystis*, у 2018 р. у супроводі роду *Aphanizomenon*.

Біомаса протягом 2018–2021 рр. характеризувалася більш стабільними кількісними показниками 0,85–0,92 мг/дм³, але відрізнялася домінуючими комплексами: у 2018 р. домінували діатомові, динофітові і ціанобактерії відповідно на рівні 37, 29 і 17 %, у 2019 р. – діатомові і зелені відповідно 62 і 35 %, у 2021 р. – діатомові, евгленові і зелені відповідно 35, 34 і 24 % (рис. 2). За показниками біомаси фітопланктону розвивалися полідомінантні комплекси: з переважанням у 2018 р. ціанобактерій роду *Microcystis* і динофітових водоростей роду *Ceratium*, у 2019 р. – діатомових

Synedra і *Nitzschia*, у 2021 р. – евгленових роду *Trachelomonas*.

Моніторингові дослідження фітопланктону в районі м. Херсон після підризу греблі Каховської ГЕС охоплюють період літньої межени 2023 р. і свідчать про динамічний характер формування як у видовому відношенні, так і за показниками кількісного розвитку.

Видове багатство таксонів у фітопланктонних пробах влітку 2023 р. змінювалося в межах 20–36 ввт. Частка систематичних груп коливалася в широкому діапазоні: відсоток діатомових водоростей у перші тижні червня зберігався в межах 50–57 %, з липня до початку серпня – знижувався до 22–36 % за рахунок вегетації евгленових водоростей до 28–32 %, в кінці серпня переважали діатомові, ціанобактерії і зелені водорості відповідно на рівні 29, 25 і 21 %.

Кількісні показники фітопланктону влітку 2023 р. характеризувалися широкою амплітудою коливань. Чисельність коливалася в межах 11020–21440 кл/дм³ з мінімальними 17 липня і максимальними 20 червня. Характер формування чисельності фітопланктону виражався домінуванням ціано-діатомового комплексу, всередині якого акцент домінування змінювався за коливання частки ціанобактерій в межах 43–80 %, діатомових – 4–42 %, у серпні посилювалася роль зелених, частка яких досягала 20–27 %, знижуючи частку ціанобактерій (див. рис. 1). Серед ціанобактерій з червня до серпня розвивалися види роду *Microcystis*, у кінці серпня до них долучалися представники родів *Anabaena*, *Aphanizomenon* і *Oscillatoria*, серед діатомових водоростей в період досліджень переважали представники центричних водоростей роду *Aulacoseira*. Варто відмітити роль у формуванні чисельності фітопланктону зелених водоростей роду *Dictyosphaerium*, які вийшли на

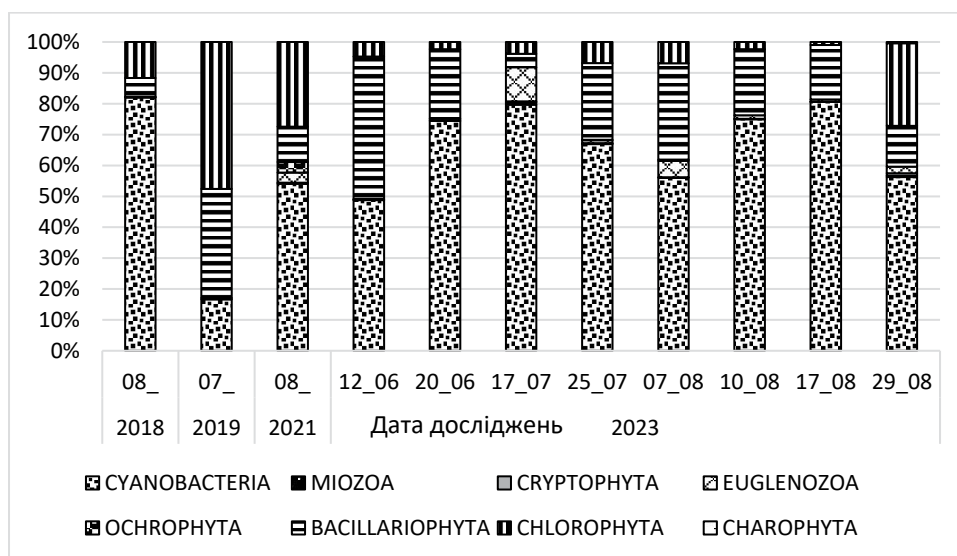


Рис. 1. Чисельність фітопланктону за часткою систематичних груп р. Дніпро в районі м. Херсон в часовому аспекті

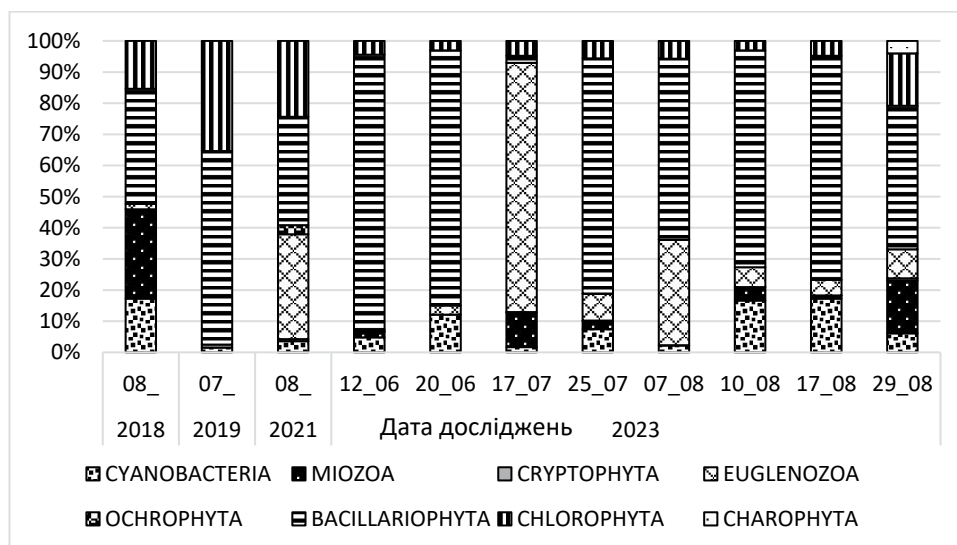


Рис. 2. Біомаса фітопланктону за часткою систематичних груп р. Дніпро в районі м. Херсон в часовому аспекті

домінуючі позиції, знизивши частку ціанобактерій, наприкінці серпня.

Біомаса фітопланктону в літню межень 2023 р. змінювалася в межах 6,80–19,38 мг/дм³ з мінімальними 29 серпня і максимальними 7 серпня. Основу біомаси фітопланктону (див. рис. 2) формували переважно діатомові водорості на рівні 32–95 % з домінуванням представників роду *Aulacoseira*, періоди зниження домінування діатомових супроводжувалися у серпні розвитком ціанобактерій і динофітових водоростей на рівні 17 %. Із загальної тенденції випадали проби, відібрані 17 липня 2023 р., завдяки масовому розвитку евгленових водоростей із родів *Euglena*, *Trachelomonas*, *Strombomonas*, *Lepocinclis* з часткою біомаси до 80 %. Масова вегетація евгленових, очевидно, зумовлена надходженням до русла легко доступних органічних речовин.

Завдяки застосуванню методу функціональної класифікації водоростей [6], який широко використовується в країнах ЄС і апробований нами при дослідженні Верхнього Дністра [7], Дунаю [8], Горині [9], ми проаналізували зміни структури планктонних угруповань річки в районі м. Херсон і розкрили механізми їх перебудови після руйнування греблі Каховського водосховища.

За період досліджень літнього фітопланктону 2018–2021 рр. і 2023 р. загалом виділено 18 функціональних груп за біотопічною, функціональною, морфологічною та екологічною приналежністю водоростей з F-фактором від 1 до 5. За переважанням частки в загальній біомасі фітопланктону було виділено 8 провідних груп водоростей (таблиця 1), решта функціональних груп, біомаса яких була незначною, а присутність епізодичною, віднесена до «Інші».

Аналіз показав, що в умовах впливу режиму попусків Каховської ГЕС провідні функціональні

групи літнього фітопланктону р. Дніпро були різними (рис. 3). Так, у серпні 2018 р. переважали ціанобактерії і динофітові водорості групи L_M (до 39 %), бентосні і епіфітні діатомові водорості групи T_D (17 %) і діатомей, приурочені до лотичних умов групи T_B (16 %). У липні 2019 р. найбільшу частку біомаси фітопланктону формували реофільні діатомові водорості групи T_B (біля 36 %), діатомові і зелені водорості групи P (16 %), що розвиваються в умовах евтрофного епілімніону, і діатомові мілководних скаламучених біотопів групи D (14 %), серед «інших» переважали зелені водорості родів *Actinastrum*, *Desmodesmus*, приурочені до мілководних евтрофних зон, віднесені до групи J (до 18 %). У серпні 2021 р. домінували представники групи W1 (до 30 %) – евгленові і зелені вольвоксові водорості застійних зон з вмістом органічних речовин, діатомові водорості групи D (18 %), діатомові і зелені водорості групи P (11 %), а також динофітові і евгленові водорості мілководних мезотрофних, добре перемішуваних біотопів групи W2 (11 %).

Після руйнування греблі провідною функціональною групою дніпровського фітопланктону в літню межень 2023 р. була група P – діатомові і зелені водорості, що розвиваються в умовах евтрофного епілімніону, частка яких коливалася в межах 68–80 %, знижуючись в кінці серпня до 36 %, завдяки співдомінуванню ціанобактерії групи L_M (на рівні 16 %), наприкінці серпня – динофітових і евгленових водоростей групи W2 (біля 22 %) і діатомей мілководних скаламучених біотопів групи D (до 18 %).

Винятком у формуванні літнього фітопланктону р. Дніпро після руйнування греблі був нетривалий період, який охоплював 4–6 тижнів, коли потік водних мас інтенсивно переміщався руслом, підтоплюючи заплаву. Завдяки потраплянню в русло

Таблиця 1

Провідні функціональні групи згідно [6] у біомасі літнього фітопланктону р. Дніпро в районі м. Херсон

Кодон	F-фактор	Представники і біотопічна приуроченість
T _B	F=5	Діатомеї, приурочені до лотичних умов (<i>Surirella</i> , <i>Nitzschia</i> , <i>Navicula</i> , <i>Gomphonema</i> , <i>Fragilaria</i> , <i>Achnanthes</i>)
D	F=4	Діатомеї, приурочені до мілководних скаламучених біотопів (<i>Cyclotella</i> , <i>Stephanodiscus</i> , <i>Synedra</i>)
T _D	F=3	Бентосні та епіфітні діатомеї, нитчасті зелені водорості у водотоках з повільною течією і наявністю макрофітів (<i>Cocconeis</i> , <i>Caloneis</i> , <i>Stauroneis</i> , <i>Cymatopleura</i> , <i>Amphora</i> , <i>Rhoicosphaenia</i> , <i>Cymbella</i>)
P	F=3	Діатомові і зелені водорості, що розвиваються в умовах евтрофного епілімніону (<i>Melosira</i> , <i>Aulacoseira</i> , <i>Dictyosphaerium</i> , <i>Coelastrum</i>)
W2	F=3	Водорості (переважно джугтикові) мілководних мезотрофних, добре перемішуваних лімнофільних біотопів (<i>Peridinium</i> , <i>Gymnodinium</i> , <i>Trachelomonas</i> ,)
Y _{pH}	F=2	Водорості збагачених Са лужних біотопів (<i>Phacotus</i> , <i>Pteromonas</i>)
W1	F=1	Водорості застійних зон з вмістом органічних речовин (<i>Euglena</i> , <i>Phacus</i> , <i>Lepocinclis</i> , <i>Pandorina morum</i>)
L _M	F=1	Види літнього епілімніону в евтрофних умовах (<i>Microcystis</i> , <i>Ceratium</i>)

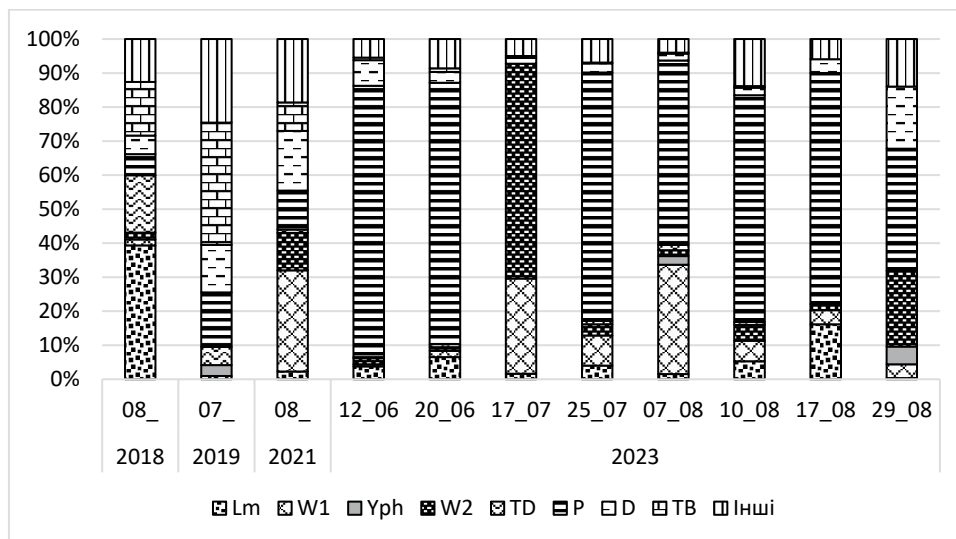


Рис. 3. Частка біомаси функціональних груп літнього фітопланктону р. Дніпро в районі м. Херсон

значних об'ємів органічної речовини у фітопланктоні 17 липня переважали представники евгленових водоростей, віднесені до функціональних груп W1 і W2, біомаса яких досягала відповідно 28 і 63 %, 7 серпня зареєстровано спалах евгленових водоростей групи W1 до 32 %.

Варто зазначити, що у порівнянні з періодом до руйнування греблі влітку 2023 р. знизилась роль діатомових водоростей групи T_B, приурочених до лотичних умов, відповідно від 16–36 % до 1 % або взагалі були відсутні.

Висновки. Аналіз структури фітопланктону р. Дніпро в районі м. Херсон в часовому аспекті показав, що до руйнування греблі Каховської ГЕС

фітопланктон характеризувався низькими показниками кількісного розвитку, формування яких відбувалося в умовах добових і тижневих попусків ГЕС, що зумовлювали періодичні коливання рівня води в руслі. Характерною ознакою фітопланктону Дніпра в умовах впливу режиму ГЕС було встановлено неусталений характер формування біомаси угруповань з переважанням у 2018 р. ціанобактерій і дінофітових водоростей літнього епілімніону групи L_M, у 2019 р. – діатомових лотичних умов групи T_B, у 2021 р. – евгленових водоростей і зелених вольвоксових водоростей групи W1.

Після руйнування дамби фітопланктон продемонстрував динамічний характер формування якіс-

них і кількісних показників протягом літньої межени 2023 р. з певними ознаками стабільності у серпні. Загальною рисою літнього фітопланктону варто відзначити домінування діатомових і зелених водорості функціональної групи Р, що розвиваються в умовах евтрофного епілімніону, за участі ціанобактерій, динофітових і евгленових водоростей. Періодична поява евгленових і зелених вольвоксових водоростей груп W1 і W2 у домінуючому комплексі фітопланктону свідчить про надходження до русла легко доступних органічних речовин з площі водозбору

та із залишкових водойм колишнього Каховського водосховища в результаті паводків.

Наразі можна констатувати відновлення структури типового річкового фітопланктону, про що свідчать показники якісного складу та кількісного розвитку фітопланктону влітку 2023 р. за домінування ціанобактерій, діатомових і зелених водоростей, як і до спорудження дамби в 50-і роки минулого століття. Разом з тим, дослідження фітопланктону продемонстрували, що ділянка річки стала більш вразливою, довготривалий гомеостаз якої порушено.

Література

1. Мінаєва Г.М. Структурно-функціональні характеристики фітопланктону водотоків Нижнього Дніпра. *Природничий альманах*, 2021. Вип. 30. С. 75–83.
2. Щербак В.І., Шерман І.М., Кутіщев П.С. та ін. Сучасний екологічний стан і біорізноманіття Дніпровсько-Бузької естуарної системи у зв'язку з промисловою іхтіофауною. Херсон: ФОП Вишемирський В.С., 2020. 200 с.
3. Timchenko V. M., Korzhov Ye. I., Guliayeva O. A., Batog S. V. Dynamics of Environmentally Significant Elements of Hydrological Regime of the Lower Dnieper Section. *Hydrobiological Journ.*, 2015. Vol. 51(6). P. 75–83.
4. Середа Т.М., Афанасьєв С.О. Перебудова структури фітопланктону р. Дніпро в районі м. Херсон після руйнування дамби Каховської ГЕС. *Перспективи гідроекологічних досліджень в контексті локальних та глобальних наслідків ведення воєнних дій*: Збірник матеріалів IX з'їзду Гідроекологічного товариства України. Дніпро, 2024. С. 161–164.
5. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / за ред. В.Д. Романенка. К.: Логос, 2006. 408 с.
6. Borics G., Várбірó G., Grigorszky I. et al. A new evaluation technique of potamoplankton for the assessment of the ecological status of rivers // *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, 2007. Vol. 161 (3–4), P. 465–486.
7. Управління транскордонним басейном Дністра: встановлення референційних показників для оцінки екологічного стану масивів поверхневих вод / за ред. С. О. Афанасьєва, О. В. Мантурової. К.: Кафедра, 2019. – 394 с.
8. Liashenko A. V., Zorina-Sakharova K. Y., Pohorielova M. S., Sereda T. M., Abramuk I.I., Trylis V. V. Impact of hydrotechnical construction on aquatic ecosystems of the Kiliia branch of the Danube Delta. *Biosyst. Divers.*, 2022. Vol. 30(4). P. 359–371.
9. Sereda T. M., Manturova O. V., Usov O. Ye. Patterns of Phytoplankton and Microphytobenthos Development in Channel Ecotones in the Goryn River. *Hydrobiological Journ.*, 2024. Vol. 60(1). P. 28–42.

Дата першого надходження рукопису до видання: 23.07.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 25.08.2025

Дата публікації: