

ВПЛИВ РУЙНУВАННЯ ГРЕБЛІ КАХОВСЬКОЇ ГЕС НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ОДЕСЬКОГО РАЙОНУ ЧОРНОГО МОРЯ

Юрій Тучковенко¹, Сергій Степаненко²

Одеський державний екологічний університет
15, Львівська вул., м. Одеса, Україна, 65016

¹ докт. геогр. наук, science@odeku.edu.ua, orcid.org/0000-0003-3275-9065

² докт. фіз.-мат. наук, stepanenko@odeku.edu.ua, orcid.org/0000-0002-6343-3968

DOI: 10.32347/2524-0021.2023.44.71-80

Анотація. В роботі наданий хронологічний опис наслідків впливу підриву російськими окупаційними військами греблі Каховської гідроелектростанції 6 червня 2023 року на якість морських вод в прибережній зоні Одеської агломерації за результатами оперативного екологічного моніторингу в перші тижні після техногенної катастрофи. Такий опис потрібний для оцінки масштабів забруднення морських акваторій та розрахунку збитків нанесених морській екосистемі та її природним ресурсам, налаштування та верифікації математичних моделей, які будуть використані у подальшому для прогнозування наслідків руйнування греблі для морської екосистеми. За даними опублікованими у відкритих джерелах інформації описаний розвиток екологічної та санітарно-мікробіологічної ситуації в прибережній морській зоні міста Одеси протягом червня 2023 р., наведена динаміка деяких показників якості морських вод, вказані забруднюючі речовини, концентрація яких перевищувала встановлені для них гранично допустимі концентрації, а також санітарно-мікробіологічні показники, за якими населенню було заборонено купатися в морі. Також, як наслідок аномального опріснення морських вод та надходження до моря великої кількості біогенних речовин і органіки, описано явище «цвітіння» водоростей та наданий якісний прогноз його наслідків. Зроблений висновок про те, що через накопичені запаси органічної речовини у донних відкладах, збільшиться вірогідність виникнення гіпоксійних умов і «задух» гідробіонтів в літні періоди протягом наступних років. Через акумуляцію забруднюючих речовин у донних відкладах та очікуване «вторинне» забруднення морської води відбудеться зменшення біологічного різноманіття морської екосистеми Одеського району та погіршення якості її біоресурсів.

Ключові слова: Каховська гідроелектростанція, руйнування греблі, вплив на екологічний стан, Одеський район Чорного моря.

ВСТУП

Вночі, 6 червня 2023 року близько 2:50 ночі російські окупаційні війська підірвали дамбу Каховської гідроелектростанції (ГЕС). Внаслідок цього, станом на 12.06.2023 р. з Каховського водосховища у пониззя Дніпра зійшло 14,4 км³ води, що становило 72 % від об'єму вод накопичених в ньому до моменту руйнування греблі. Для порівняння це складає 27 % від загального об'єму середнього річного стоку Дніпра (53,5 км³). Внаслідок цього

за даними супутникових знімків загалом було підтоплено 612 км² території (554,6 км² в межах Херсонській області і 57,8 км² – в Миколаївській). Станом на ранок 8 червня середній рівень підтоплення на Херсонщині склав близько 5,6 м (перевищення над рівнем води зафіксованим на 20 годину 05.06.2023 р.). В результаті витоку води з Дніпровсько-Бузького лиману через Кінбурнську протоку до моря в наступні дні, станом на 10-11.06.2023

р. загальна площа затоплених територій зменшилась майже вдвічі – до 309 км².

В перший тиждень після руйнації дамби середні витрати води становили біля 23,8 тис. м³/с, для порівняння середньорічні витрати води в нижньому Дніпрі становили 1,6 тис. м³/с. Таким чином швидкість течії в середньому зросла майже в 15 разів. Звісно, це усереднені дані, в першу та другу добу після руйнації греблі залпові скиди води і швидкості течії були у рази, десятки разів більші.

Із затоплених територій, у тому числі міст і населених пунктів, були змиті і, у кінцевому рахунку, потрапили до моря паливно-мастильні матеріали (нафтові вуглеводні), пестициди та інші небезпечні хімічні речовини – з місць їх зберігання, сполуки важких металів, включно з тими, що надходили з викидами промислових підприємств міст Запоріжжя, Дніпро і десятиліттями накопичувались у донних відкладах Каховського водосховища, рештки загиблих свійських та диких тварин, прісноводної рослинності. В зону затоплення потрапили каналізаційні насосні станції, вигрібні ями будинків приватного сектору, декілька кладовищ, скотомогильників. Через вказане виникла загроза мікробіологічного забруднення річкових і прибережних морських вод, а також розвитку негативних наслідків евтрофування морських вод – спалаху біомаси («цвітіння») водоростей, виникнення дефіциту розчиненого кисню у придонному шарі акваторії, внаслідок його споживання на біохімічне окислення органічних речовин алохтонного і автохтонного походження.

Безумовно хронологічна фіксація наслідків впливу руйнування греблі Каховської ГЕС на якість вод Одеського району північно-західної частини Чорного моря, який входить до її Дніпровсько-Бузького пригирлового району і періодично відчуває вплив стоку з Дніпровсько-Бузького лиману, є актуальною задачею [1], Вона необхідна для оцінки масштабів забруднення морських акваторій та розрахунку

збитків нанесених морській екосистемі та її природним ресурсам внаслідок техногенної катастрофи, налаштування та верифікації математичних моделей, які будуть використані для прогнозування наслідків підриву греблі для функціонування морської екосистеми, екологічного стану її вод.

Мета роботи полягає в описі прояву наслідків техногенної катастрофи, яка виникла внаслідок руйнування греблі Каховського водосховища, в акваторії та на рекреаційному узбережжі Одеського району Чорного моря.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Наслідки підриву греблі Каховської ГЕС почали проявлятися уздовж Одеського узбережжя з 8-9 червня 2023 р. Вже 08 червня мешканці міста Южне, що входить до Одеської агломерації, почали спостерігати на поверхні моря велику кількість уламків дерев, плаваючих островків з рогозу та іншої рослинності, побутового та будівельного сміття різних розмірів. 09 червня забруднені води з Дніпровсько-Бузького лиману досягли узбережжя м. Одеси (рис. 1), а через декілька днів вся прибережна зона міста була вкрита побутовим і будівельним сміттям, рештками рослин (дерев, очерету та ін.) і тварин, риб, великою кількістю живих і снулих амфібій. Була оголошена небезпека через вірогідну наявність у смітті на пляжах мін і боєприпасів винесених з зони бойових дій на Дніпрі.

За даними супутникових знімків, площа акваторії моря зайнята забрудненими річковими водами з високим вмістом мінеральної зависі і органічних речовин алохтонного походження 6 червня складала 616,8 км², 9 червня – 1248,2 км², а 10 червня – 1710 км².

Проникненню забруднених вод з Дніпровсько-Бузького лиману в Одеський район сприяли вітри південно-східного, східного та північно-східного напрямку [2], які домінували з 7 по 9 червня.

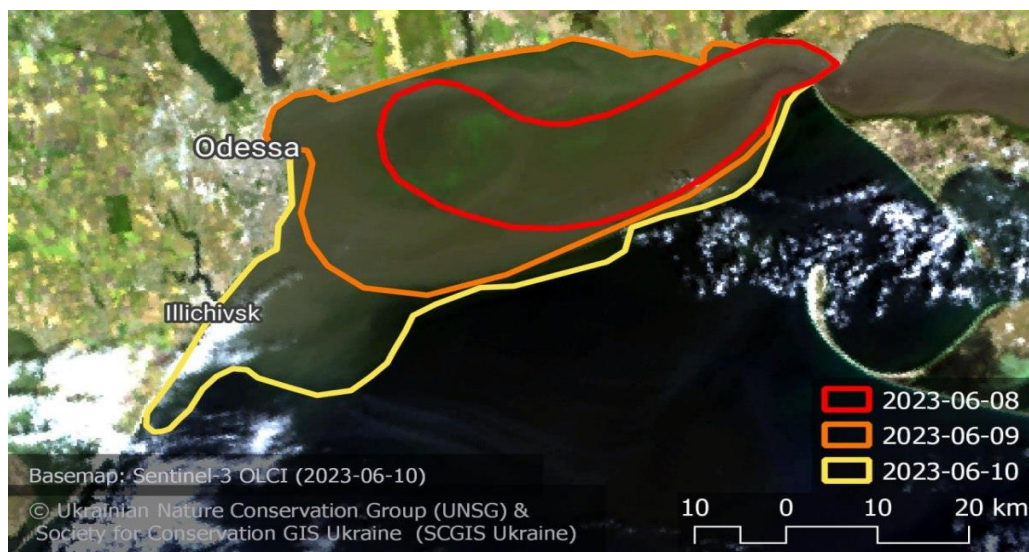


Рис. 1. Схема розповсюдження забруднених річкових вод з Дніпровсько-Бузького лиману після підриву греблі Каховської ГЕС за даними супутникових знімків [3]

Fig. 1. The scheme of distribution of polluted river waters from the Dnipro-Buh estuary after the explosion of the Kakhovka HPP dam, according to satellite images [3]

11.06.2023 р. шлейф брудної води, сформований зависсю, піднятою водним потоком з дна Каховського водосховища і русла річки Дніпро, змитими з затоплених територій грунтами з високим вмістом гумусу, органічними залишками господарсько-побутового походження, загиблої флори і фауни дельтової частини р. Дніпро, досяг виходу з Дністровського лиману.

На рис. 2-3 наведені дані моніторингу Державної екологічної інспекції Південно-Західного округу щодо мінливості окремих гідрохімічних характеристик стану морської води за результатами проб відібраних в Одесі у Новій Дофінівці (причал 243), на пляжах Ланжерон та 16 ст. Великого Фонтану після руйнування греблі Каховської ГЕС [4]. Видно (рис. 2), що в результаті надходження розпріснених, забруднених вод з Дніпровсько-Бузького лиману, солоність морської води біля м.Одеса знизилась з 12,8 ‰ 07.06.2023 р. до 2,5...5,0 ‰ в період 10-15.06.2023 р. і лише 26.06 солоність підвищилась до 13 ‰ і вище. Одним з наслідків надмірного тривалого опріснення морських вод у узбережжя м. Одеси

стала масова загибель мідій, в основному великого розміру, у приповерхневому шарі 1-1,5 м.

Вміст завислих речовин (ЗВР) у воді збільшився 09.06 в десятки разів (до 75 мг/дм³), порівняно із значеннями у попередні дні (2 мг/дм³), уздовж північного узбережжя міста Одеса. А вже 10.06.2023 р. концентрація ЗВР зросла до 19 мг/дм³ уздовж всього одеського узбережжя. Коливання концентрацій ЗВР на станціях моніторингу у наступні дні зумовлені зміною вітрових умов і, відповідно до них, течій. З рис. 2.б видно, що значення вмісту ЗВР вищі за 10 мг/дм³ спостерігались в окремі дні до 23.06 в районі с. Нова Дофінівка (північне узбережжя), до 17.06 – в районі пляжа Лузанівка, і до 15.06 – в районі пляжу на 16 ст. Великого Фонтану (західне узбережжя).

В перші дні після досягнення факелом забруднених річкових вод одеського узбережжя (09.06.-13.06.2023 р.) спостерігались високі концентрації амонійного азоту(рис. 3), який є початковою формою мінерального азоту, що утворюється в результаті мінералізації органічної речовини. Йї, серед інших мінеральних

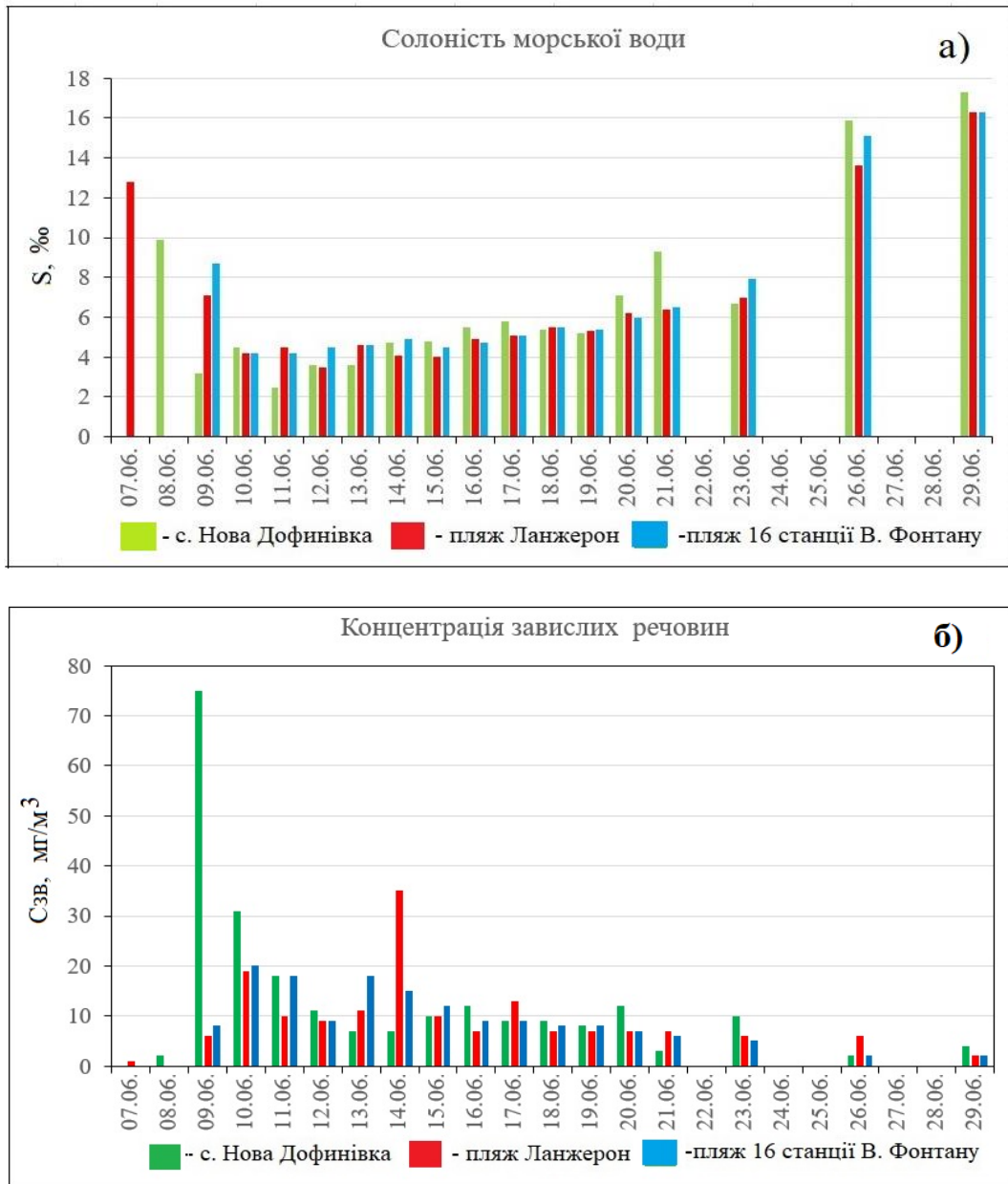


Рис. 2. Динаміка солоності вод (а), ‰, та концентрації в морській воді завислих речовин (б), мг/дм³, в пунктах моніторингу біля узбережжя м.Одеси після підриву греблі Каховської ГЕС

Fig. 2. Dynamics of water salinity (a), ‰, and concentration of suspended substances in seawater (b), mg/dm³, at monitoring points near the coast of Odesa after the explosion of the Kakhovka HPP dam

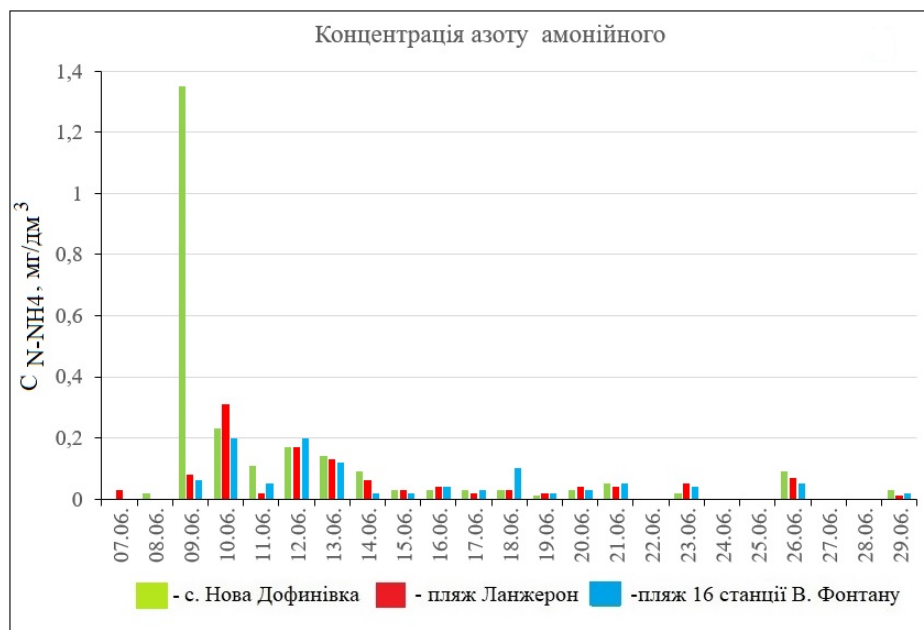


Рис. 3. Динаміка концентрацій амонійного азоту в морській воді, мг/дм³, в пунктах моніторингу біля узбережжя м.Одеси після підриву греблі Каховської ГЕС
Fig. 3. Dynamics of ammonium nitrogen concentrations in seawater, mg/dm³, at monitoring points near the coast of Odesa after the explosion of the Kakhovka HPP dam

форм азоту, надають перевагу водорості при продукуванні органічної речовини. Тобто наявність високих концентрацій азоту амонію сприяє бистрому спалаху біомаси водоростей. Висока концентрація амонійного азоту у морській воді свідчить про надходження його з джерел, де відбувається інтенсивна мінералізація органічної речовини, до яких можуть бути віднесені системи каналізування населених пунктів, вигрібні ями, тваринницькі господарства і таке подібне. 09.06.2023 р. на станції відбору проб в районі с. Нова Дофінівка (причал 243) було зафіксоване навіть перевищення в 2,7 рази встановленого для амонійного азоту значення ГДК (гранично-допустимої концентрації), яке дорівнює 0,5 мг/дм³.

Також 09.06.2023 р. в районі с. Нова Дофінівка було зафіксовано значне перевищення ГДК для нафтопродуктів (1,35 мг/дм³ порівняно з 0,05 мг/дм³ ГДК). В період з 09.06 по 13.06.2023 р. були зафіксовані концентрації загального заліза, які в рази перевищували

встановлені для нього ГДК (0,05 мг/дм³). Відібрані в третій декаді червня проби води для визначення забруднення токсичними речовинами акваторій Одеської затоки, моря поблизу м. Очаків, Дніпровсько-Бузького лиману і річкової води поблизу м. Херсон показали однаковий склад забруднення. На всіх станціях були виявлені концентрації вище ГДК по нафтопродуктам, токсичним металам: цинку, кадмію та миш'яку, хлор-органічним сполукам: ліндану та ПХБ [5].

Через надходження забруднених вод з Дніпровського-Бузького лиману значно погіршився санітарний стан морських вод біля узбережжя м. Одеси. За результатами досліджень проб води відібраних 12.06.2023 р. у одеського узбережжя Одеським обласним центром контролю та профілактики хвороб Міністерства охорони здоров'я України були виявлені холероподібні вібріони НАГ I групи Хейберга, алгінолітікус, паратегмолітікус.

Слід зазначити, що виявлені холероподібні вібріони не є збудниками холери, але викликають захворювання на гострі кишкові інфекції. Також було виявлено мікробіологічне забруднення сальмонелою ентеритідіс (пляж 10 станції Великого Фонтану), тифімуриум (пляж Аркадія), перевищення нормативних вимог за індексом лактозопозитивної кишкової палички (ЛПК) (на пляжах 16 станції Великого Фонтану, Ланжерон, Лузанівка), отримані позитивні результати щодо РНК ротавіруса А в районі причалу №2 Морського торговельного порту (МТП), яхт-клубу м. Чорноморськ [4].

Наявність холероподібних вібріонів НАГ 1 групи Хейберга також виявлялись пізніше у пробах морської води відібраних 18.06.2023 р. (причал №2 МТП), 20.06.2023 р. (причал №2 МТП, с. Крижанівка, яхт-клуб м. Чорноморськ), 21.06.2023 (причал №2 МТП, с. Крижанівка), 22-23.06.2023 (с. Крижанівка), 24.06.2023 (причал №2 МТП, яхт-клуб м. Чорноморськ), 25.06.2023 (причал №2 МТП), 26.06.2023 (пляж 10 ст. В. Фонтану). Окрім того, в пробах морської води взятих 26.06.2023 р. були виявлені холероподібні вібріони алгінолітікус (м. Чорноморськ, рибний порт), парагемолітікус (пляж 10 ст. В. Фонтану; м. Чорноморськ, причал №4), аеромонас (пляжи 10 ст. В. Фонтану, Аркадія, Ланжерон, Лузанівка) [4].

Не відповідали гігієнічним нормам (5000 ЛПК в дм^3) проби морської води на мікробіологічні показники відібрані 21.06.2023 р. в с. Крижанівка, яхт-клубі м. Чорноморськ, 24.06.2023 – причал №2 МТП, с. Крижанівка (ЛПК 24000-240000 в дм^3), 25.06.-26.06.2023 – м. Чорноморськ (ЛПК 9500-240000 в дм^3). За результатами паразитарних досліджень проб морської води 19.06.2023 р. були виділені яйця гельмінтів волосоголовця в районі дачі Ковалевського та личинки гельмінтів аскаріди на пляжі Аркадія; 23.06.2023 р. яйця аскариди собак та кішок, ооцисти кріптоспоридій були виявлені в районі причалу №2 МТП [4].

Гідробіонти-фільтратори, зокрема мідії, які поширені в прибережних водах, в процесі фільтрації акумулюють в собі забруднення з морської води і сприяють передачі їх по трофічному ланцюгу іншим гідробіонтам, а також людям, які споживають мідії. 26.06.2023р. вперше було виявлено наявність вібріонів НАГ 1 групи Хейберга в мідіях на пляжі Ланжерон.

Через погіршення стану морських вод за санітарно-хімічними та мікробіологічними показниками, 17.06.2023 р. Одеською міською радою було прийняте рішення про заборону населенню купатися в морі на пляжах міста, ловити та вживати рибу, морепродукти місцевого походження.

З 14 червня 2023 р. фахівці Інституту морської біології НАН України та Гідробіологічної станції Одеського національного університету ім. І. І. Мечникова почали фіксувати в прибережних водах м. Одеси ознаки початку цвітіння (спалаху біомаси) потенційно токсичних для інших гідробіонтів ціанобактерій (синьо-зелені водорості). Домінували 3 види водоростей: *Aphanizomenon flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa* та намістоподібні колонії *Dolichospermum planctonicum*. Вказані види синьо-зелених водоростей відомі як прісноводні та солоноватоводні види і постійно потрапляють у Одеську затоку з водами Дніпровсько-Бузького лиману. За місяць до підриву греблі вони виявлялись в Одеській затоці, але в малій кількості. Станом на 22.06.2023 року перші з двох вказаних вище видів водоростей були присутні в кількості 3 $\text{г}/\text{м}^3$ і формували на поверхні води зелену плівку. Відбулось збільшення їх колоній у 150 - 300 разів [6]. *Dolichospermum planctonicum* був присутнім в меншій кількості. Причиною цвітіння вказаних видів водоростей стало опріснення морських вод разом з виносом з Дніпровсько-Бузького лиману великої кількості біогенних речовин та лабільної органіки, яка швидко мінералізується у воді з утворенням мінеральних форм біогенних елементів, які споживаються фітопланктоном в процесі первинного проду-

кування органічної речовини. Крім доміантних видів, у воді були присутні ще близько 20 видів прісноводних та морських мікроводоростей.

За даними супутникових знімків, станом на 15 червня 2023 року цвітіння фітопланктону охоплювало площу 1500 км² в північно-західній частині Чорного моря [7].

В результаті цвітіння фітопланктону утворюється значний пул автохтонної органічної речовини, який складається з його біомаси. Він додається до великого пулу алохтонної органіки, яка надійшла до моря з Дніпровсько-Бузького лиману внаслідок підриву греблі Каховської ГЕС у вигляді прісноводного фітопланктону, органічних речовин в господарсько-побутових водах із систем каналізації, залишків загиблих рослин і тварин, органічних речовин у складі змитих з сільськогосподарських угідь ґрунтів і т. ін. При біохімічному розкладанні цієї органічної речовини буде споживатись розчинений у морський воді кисень, що очікувано призведе до зменшення його вмісту у морській воді, особливо у придонному шарі акваторії на глибинах більше 10 м (глибше нижньої межі верхнього квазіоднорідного шару перемішування), де продукування кисню в процесі фотосинтезу набагато менше, ніж його споживання на біохімічне окислення органічних речовин, або взагалі не відбувається через низьку прозорість вод. За свідченням [5] показник біохімічного споживання кисню (БСК5) у морській воді збільшився за період 07.06-20.06.2023 р. з 1,2 до 2,9 мг/дм³.

В морі відбувається осадження завислої органічної речовини алохтонного та автохтонного походження і акумуляція її у донних відкладах. Очікується, що при подальшому підвищенні температури морської води, особливо на глибинах нижче сезонного термокліну, буде збільшуватись біохімічне споживання кисню на розкладання накопиченого пулу органічної речовини у воді і донних відкладах, що призведе до виникнення та розвитку явищ гіпоксії та аноксії у придонному шарі і прибережних водах Одеського району

Чорного моря протягом тривалого часу – до початку осінньо-зимового перемішування. Це, у свою чергу, призведе до масової загибелі гідробіонтів через нестачу кисню («задухи»).

У наступні роки, через накопичені у донних відкладах запаси органіки, вірогідність виникнення гіпоксії, аноксії у придонному шарі моря в літню пору року також збільшиться. Разом з частками органічної і мінеральної зависі в донних відкладах акумулюються і адсорбовані ними забруднюючі речовини токсичної дії, зокрема, важкі метали. У разі розвитку штормових вітрів донні відклади стануть джерелом вторинного забруднення морських вод в результаті їх вітро-хвильового скаламучування. Розкладання токсичних речовин акумульованих у донних відкладах може відбуватися протягом десятиліть, тому для повного відновлення морської екосистеми знадобяться роки.

ВИСНОВКИ

Надходження забруднених річкових вод з Дніпровсько-Бузького лиману до відповідного пригирлового району північно-західної частини Чорного моря, включно з рекреаційним узбережжям Одеського району, призвело до засмічення рекреаційної прибережної зони регіону, різкого погіршення якості прибережних вод за цілою низкою хіміко-біологічних та санітарно-мікробіологічних показників.

Через засмічення прибережної зони моря значний та тривалий збиток нанесений рекреаційним ресурсам.

Відбулось надзвичайне опріснення прибережних морських вод (в 2,5-2,9 разів нижче за норму), що призвело до погіршення умов існування морських організмів, їх пригнічення або навіть загибелі (зокрема, мідій), а також сприяло спалаху цвітіння синьо-зелених водоростей.

Зафіксовано перевищення гранично допустимих концентрацій у морській воді по амонійному азоту, нафтопродуктам, токсичним металам (цинк, кадмій та миш'як), хлор-органічним сполукам.

Через три-чотири дні після досягнення факелом забруднених вод одеського узбережжя почав погіршуватись санітарний стан морських вод у рекреаційній прибережній зоні моря. Було виявлено наявність у морській воді збудників інфекційних хвороб, зокрема, сальмонела, рота- та астровіруси. Протягом червня неодноразово виявляли перевищення нормативних вимог за індексом лактозопозитивної кишкової палички, наявність у морській воді холероподібних вібрионів, яєць та личинок гельмінтів людей і тварин. Наявність вищевказаних біологічних патогенів у воді створює реальну загрозу життю та здоров'ю населення.

Протягом червня неодноразово виявляли перевищення нормативних вимог за індексом лактозопозитивної кишкової палички, наявність у морській воді холероподібних вібрионів, яєць та личинок гельмінтів людей і тварин

Надходження великої кількості біогенних і органічних речовин до моря в умовах його надзвичайного і тривалого розпріснення призвело до спалаху цвітіння синьо-зелених водоростей, зокрема, в Одеському районі Чорного моря, тобто до додаткового продукування значної кількості органічної речовини автохтонного походження, яка разом з органічною речовиною алохтонного походження, винесеною з річковими водами з Дніпровсько-Бузького лиману, акумулюється у донних відкладах і піддається там біохімічному окисленню. Це сприяє виникненню анаеробних умов у придонному шарі вод та загибелі через «задуху» великої кількості гідробіонтів, які не мають змогу мігрувати з зон розвитку гіпоксії.

Через накопичені запаси органічної речовини у донних відкладах, збільшиться вірогідність виникнення гіпоксійних умов і «задух» гідробіонтів влітку протягом наступних декількох років.

Внаслідок погіршення умов мешкання очікувано відбудеться зменшення біологічного різноманіття морської екосистеми Одеського району та зменшення його біоресурсів.

Наведені у роботі результати отримані за результатами досліджень у прибережній зоні моря. На жаль, через ведення бойових дій на морі, зараз неможливо провести польові дослідження екологічного стану морських вод Одеського району Чорного моря в цілому. Отримання такої інформації дозволить у подальшому більш детально оцінити масштаби екологічної катастрофи, пов'язаної з підривом греблі Каховської ГЕС, та спрогнозувати її наслідки.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Иванов В. А., Тучковенко Ю. С.** Прикладное математическое моделирование качества вод шельфовых морских экосистем: монография / Морской гидроф. ин-т НАН Украины, Одес. гос. экол. ун-т. Севастополь: НПЦ ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006. 368 с.
2. **Тучковенко Ю. С., Доценко С. А., Дятлов С. Е., Нестерова Д. А., Скрипник И. А., Кирсанова Е. В.** Влияние гидрологических условий на изменчивость гидрохимических и гидробиологических характеристик вод Одесского региона северо-западной части Черного моря // Морской экологический журнал. 2004. Т. 3. № 4. С. 75 - 85. URL: <http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/2466/>
3. **UNCG – Українська природоохоронна група.** Екологічні наслідки теракту на Каховській ГЕС перевищують прогнози експертів. URL: <https://uncg.org.ua/ekolohichni-naslidyky-teraktu-na-kakhovskij-hes-perevyschchuiut-prohnozy-ekspertiv/> (дата звернення: 17.06.2023)
4. **Департамент екології та природних ресурсів Одеської ОДА.** Довідка про надзвичайну ситуацію внаслідок руйнування дамби Каховської ГЕС. URL: <https://ecology.od.gov.ua/dovidka-pro-nadzvy-chajnu-sytuacziyu-vnaslidok-rujnuvannya-damby-kahovskoyi-ges-2/> (дата звернення: 10.07.2023)
5. **Український науковий центр екології моря.** Забруднення Чорного моря як наслідок аварійної ситуації, яка склалася після підриву греблі Каховської ГЕС. (Публікація від 27 червня 2023 р.). URL: https://sea.gov.ua/index.php/2023/06/27/ges_explosion_conseq/ (дата звернення: 12.07.2023)
6. **Український науковий центр екології моря.** Цвітіння фітопланктону в Одеській затоці після

підриву Каховської дамби. (публікація від 22 червня 2023 р.). URL: <https://www.facebook.com/UkrSCES> (дата звернення: 12.07.2023)
7. Інститут морської біології НАН України. Офіційний сайт. Новини 15-18.06.2023. URL: <http://www.imb.odessa.ua/?id=20904106> (дата звернення: 10.07.2023)

REFERENCES

1. **Ivanov, V. A. & Tuchkovenko, Yu. S. (2006).** Prikladnoe matematicheskoe modelirovanie kachestva vod shel'fovykh morskikh ekosistem [Applied mathematical water-quality modeling of shelf marine ecosystems]. Marine Hydrophysical Institute of NASU, Odessa State Environmental University. Sevastopol : SPC EKOSI-Gidrofizika Publ. [in Russian]
2. **Tuchkovenko Y. S., Docenko S. A., Dyatlov S. E., Nesterova D. A., Skripnik I. A., Kirsanova E. V. (2004).** Influence of hydrological conditions on variability of hydrochemical and hydrobiological characteristics of waters in Odessa region in north-western part of the Black Sea. *Marine Ecological Journal*, 3(4). 75-85. <http://eprints.library.odetu.edu.ua/id/eprint/2466/> [in Russian]
3. **UNCG – Ukrainian Nature Conservation Group.** The ecological consequences of the terrorist attack on the Kakhovka Hydroelectric Power Plant (HPP) exceed the forecasts of experts. Available at: <https://uncg.org.ua/ekolohichni-naslidky-teraktu-na-kahovskij-hes-perevyshchuiut-prohnozy-ekspertiv/> (Accessed: 17.06.2023). [in Russian]

4. **Department of environment and natural resources of Odessa regional state administration.** Certificate on the emergency situation due to the destruction of the Kakhovka HPP dam. Available at: <https://ecology.od.gov.ua/dovidka-pro-nadzvy-chajnu-sytuacziyu-vnaslidok-rujnuvannya-damby-kahovskoyi-ges-2/> (Accessed: 10.07.2023). [in Ukrainian]
5. **Ukrainian scientific center of Ecology of Sea (UkrSCES):** official site. Pollution of the Black Sea as a result of the emergency situation that developed after the explosion of the Kakhovka HPP dam. Available at: https://sea.gov.ua/index.php/2023/06/27/ges_explosion_conseq/ (Accessed: 12.07.2023). [in Ukrainian]
6. **Ukrainian scientific center of Ecology of Sea (UkrSCES).** Blooming of phytoplankton in the Odesa Bay after the explosion of the Kakhovskaya Dam. (published on June 22, 2023). Available at: <https://www.facebook.com/UkrSCES> (Accessed: 12.07.2023) [in Ukrainian]
7. **Institute of Marine Biology of the NAS of Ukraine:** official site. News 15-18.06.2023. Available at: <http://www.imb.odessa.ua/?id=20904106> (Accessed: 10.07.2023). [in Ukrainian]

The impact of destruction of the Kakhovka dam on the environmental status of the Odesa area of the Black Sea

Yurii Tuchkovenko, Sergiy Stepanenko

Abstract. The paper provides a chronological description of the aftermath and the effect of blowing up the Kakhovka hydroelectric power plant dam by Russian occupation forces of 6 June 2023 on the sea-water quality in the coastal zone of Odesa agglomeration, according to the results of operational environmental monitoring in the early weeks upon the man-made disaster. Such a description is indispensable for assessing the scope of pollution of marine water areas and calculation of the damage inflicted on the marine ecosystem and its natural resources, adjustment and verification of mathematical models which will further be used to prognosticate the consequences of the dam destruction for the marine ecosystem. According to the data published in open sources, development of the environmental, sanitary and microbiological situation in the coastal zone of the city of Odesa over June 2023 is described, the dynamics of some indices of the sea water quality are shown, and the pollutants the concentration of which exceeded the maximum permissible concentrations set for them, as well as sanitary and microbiological indices, according to which the population is forbidden from swimming in the sea, are indicated. In addition, as a consequence of the abnormal desalination of sea waters and the inflow of a large amount of nutrients and organic matter into the sea, the phenomenon of algal bloom is described, and a qualitative forecast of its consequences is provided. It is concluded that owing to the accumulated reserves of organic matter in the bottom sediment probability of hypoxic conditions and suffocation of hydrobionts in the summer periods will increase in the years to follow. It is in view of the accumulation of pollutants in bottom sediments and the expected secondary pollution of sea water that the biological diversity of the marine ecosystem within the Odesa region will degrade and the quality of its biological resources will deteriorate.

Keywords: Kakhovka hydroelectric power plant, destruction of the dam, impact on the environmental status, Odesa area of the Black Sea.

Стаття надійшла до редакції 10.08.2023