

УДК [556.531.4 (546.21:546.3:556.114.7)(285.33)]

П.М. ЛИННИК, А.О. МОРОЗОВА, Т.О. ВАСИЛЬЧУК

Інститут гідробіології НАН України
пр-т Героїв Сталінграда, 12, Київ 04210

ГІДРОЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА КИЇВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВАХ ПРОЯВУ ДЕФІЦИТУ РОЗЧИНЕНОГО КИСНЮ

Наведено гідроекологічну характеристику Київського водосховища в зимовий період 2010 р. Показано, що дефіцит розчиненого кисню призвів до істотного погіршення якості води за вмістом заліза, мангану, амонійного азоту і гумусових речовин.

Ключові слова: Київське водосховище, дефіцит кисню, залізо, манган, гумусові речовини

Київське водосховище – одне з найважливіших джерел питного водопостачання населення м. Києва. Тому якість води в ньому завжди привертає увагу з боку фахівців-гідроекологів. Періодичне підвищення у воді водосховища вмісту гумусових речовин (ГР), мангану, заліза, амонійного азоту та деяких інших хімічних сполук є небажаним, оскільки вимагає додаткових коштів на її очищення у процесі підготовки для питних цілей. До того ж, у процесі хлорування води в ній можуть з'являтися хлорорганічні похідні з вираженими токсичними і канцерогенними властивостями. Особливу небезпеку для екосистеми Київського водосховища становить погіршення його кисневого режиму, оскільки в умовах дефіциту O_2 істотно збільшується вірогідність вторинного забруднення водного середовища різноманітними хімічними речовинами за рахунок їхнього надходження з донних відкладів та зниження якості води за вмістом багатьох хімічних компонентів.

З огляду на вказане, проведення постійного гідроекологічного моніторингу стану Київського водосховища не втрачає актуальності.

Матеріал і методи досліджень

Проби води відбирали з поверхневого і придонного шарів води, фіксували в них кисень для подальшого його визначення методом Вінклера в лабораторних умовах. Для відокремлення завислих речовин їх пропускали крізь мембранні фільтри "Synrog" (Чехія) з діаметром пор 0,4 мкм. Компонентний склад розчинених органічних речовин (РОР) досліджували методом іонообмінної хроматографії з використанням целюлозних іонітів (діетиламіноетилцелюлоза і карбоксиметилцелюлоза). Концентрацію O_2 , неорганічних форм азоту, фосфат-іонів і заліза, біхроматну окиснюваність (БО) води визначали за допомогою загальноприйнятих у гідрохімії методів аналізу [4]. Вміст ГР знаходили фотометрично [6]. Концентрацію Mn (II), Cu (II) і Cr (III) визначали хемілюмінесцентними методами [2, 4, 5], а Al (III) – фотометрично з реактивом хромазуролом S [8].

Результати досліджень та їх обговорення

Формування якості води в Київському водосховищі відбувається переважно за рахунок водного стоку рік Прип'яті і Дніпра, що його живлять. Несприятливі екологічні умови в екосистемі водосховища та погіршення якості води найчастіше проявляються в зимовий період, коли формується тривалий льодостав, а концентрація розчиненого у воді кисню істотно знижується, аж до глибокого його дефіциту [3]. Така ситуація зумовлена проявом як зовнішніх, так і внутрішніх чинників. Взимку за наявності льодоставу до Київського водосховища надходять води Прип'яті і Дніпра з низьким вмістом O_2 , які поширюються від Прип'ятського і Дніпровського відрогів вниз по всьому водосховищу, створюючи заморні умови. Найчастіше різке зниження концентрації кисню спостерігається в кінці льодоставу, зазвичай, у лютому-березні. Поряд з цим важливе місце посідають внутрішні чинники, зокрема витрати кисню на хімічне і біохімічне окиснення речовин: амонійного азоту до нітратів, Mn (II) до Mn (IV), ГР, метану, водню і сірководню (бактеріальним шляхом), що виділяються з мулистих донних відкладів в анаеробних умовах [7].

Формування анаеробних умов у воді Київського водосховища призводить до зростання міграції речовин з донних відкладів та стає важливою передумовою вторинного для забруднення водного середовища сполуками заліза, мангану, амонійного азоту та деяких інших речовин.

ПРИСНОВОДНА ГІДРОБІОЛОГІЯ

Підвищений вміст у воді Київського водосховища ГР, що спостерігається не лише навесні, може бути також одним з важливих чинників погіршення кисневого режиму. Особливо це є небезпечним взимку. Збільшення концентрації ГР супроводжується значним зростанням у воді вмісту розчинного заліза – до 1,72–1,84 мг/дм³ [1]. Концентрація мангану в анаеробних умовах може збільшуватися в десятки разів порівняно з його вмістом у воді за задовільного кисневого режиму. Максимальний вміст Mn (II) досягає 0,8–1,0 мг/дм³.

Вміст ГР зазнає сезонних змін. Взимку їх концентрація в перерахунку на органічний вуглець характеризується невисокими показниками – 4,6–8,9 мг С_{орг}/дм³. Максимальні концентрації зазначених речовин (6,2–17,0 мг С_{орг}/дм³) спостерігаються найчастіше навесні з збільшенням притоку у водосховище високогуміфікованих вод з боліт і лісових масивів Полісся. Влітку вміст ГР становить 5,8–20,0 мг С_{орг}/дм³, а восени не перевищує 2,7–8,5 мг С_{орг}/дм³. Така сезонна динаміка може порушуватися. Так, влітку і восени 1993 р. концентрація ГР була майже вдвічі більшою, ніж навесні (12,3–35,6 мг С_{орг}/дм³). Незвично високим був їх вміст і взимку 1998–1999 рр. (11,9–16,2 мг С_{орг}/дм³). Зимовий період 2010 р. супроводжувався формуванням тривалого льдооставу, що призвело до істотного погіршення кисневого режиму Київського водосховища через відсутність атмосферної аерації та витрати кисню на процеси окиснення речовин. Концентрація кисню знизилася до мінімальних величин (табл. 1) і залишалася доволі низькою навіть у березні. Лише у квітні після сходження льдового покриву вміст О₂ у воді зростав. За дефіциту кисню у воді помітним стало підвищення концентрації амонійного азоту (табл. 1), оскільки його окиснення до NO₂⁻ і NO₃⁻ не відбувалося через дефіцит О₂. Характерним є і те, що вміст нітрит-іонів інколи перевищував концентрацію нітрат-іонів, що також свідчить про зниження інтенсивності окиснювальних процесів. Дещо підвищився і вміст фосфору фосфатів.

Таблиця 1

Вміст розчиненого у воді кисню та неорганічних форм азоту і фосфору у воді Київського водосховища, 2010 р. (*n* і *δ* – поверхневий і придонний шари води)

Дата відбору проб	Станції відбору проб води	рН	О ₂		Форми неорганічного азоту, мг N/дм ³			PO ₄ ³⁻ , мг P/дм ³		
			мг/дм ³	%	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻			
24.02	Нижній б'єф	<i>n</i>	7,49	1,65	12,1	0,480	0,013	0,056	0,085	
		<i>δ</i>	7,47	2,51	18,4	0,465	0,012	0,045	0,115	
17.03	Поблизу Страхолісся	<i>c</i>	<i>n</i>	7,24	0,52	3,8	0,780	0,075	0,031	0,082
18.03	Поблизу Лебедівка	<i>c</i>	<i>n</i>	7,41	2,18	15,3	0,540	0,069	0,040	0,105
18.03	Верхній б'єф	<i>n</i>	7,33	1,51	10,6	0,550	0,073	0,043	0,082	
		<i>δ</i>	7,26	0,82	5,7	0,685	0,104	0,037	0,092	
7.04	Нижній б'єф	<i>n</i>	7,80	8,59	64,2	0,360	0,024	0,057	0,085	
		<i>δ</i>	7,59	9,75	71,5	0,360	0,025	0,051	0,090	
11.05	Поблизу Страхолісся	<i>c</i>	<i>n</i>	7,74	3,70	39,3	0,550	0,003	0,032	0,050

Як було зазначено, поглибленню дефіциту кисню у воді сприяють також підвищені концентрації ГР. Взимку і навесні 2010 р. вміст цієї групи РОР досягав 20,0–36, 0 мг/дм³ (а це приблизно 10,0–18,0 мг С_{орг}/дм³), що варто винятковим для Київського водосховища взимку. Підвищені концентрації цих речовин у воді підтверджуються також достатньо високими значеннями БО води (табл. 2), зважаючи на те, що саме ГР домінують у компонентному складі РОР.

Тривалий і глибокий дефіцит розчиненого у воді кисню призвів до формування анаеробних умов, насамперед, у придонному шарі води, які, вочевидь, поширилися на всю акваторію водосховища. За цих умов зросла міграція речовин та їхнє надходження з донних відкладів. У цьому можна пересвідчитися на прикладі заліза і мангану, концентрації яких були достатньо високими і співставними (табл. 3). Якщо надходження мангану відбувалося переважно з донних відкладів, оскільки концентрація цього металу цілком залежить від стану кисневого режиму у водоймі, то високі концентрації заліза зумовлені, на нашу думку, як надходженням його з донних відкладів в анаеробних умовах, так і підвищеним вмістом ГР, з якими воно утворює міцні комплекси.

Таблиця 2

Вміст органічних речовин (за даними БО) та ГК і ФК у воді Київського водосховища, 2010 р.

Дата відбору проб	Станції відбору проб води		БО, мг О ₂ /дм ³	ГК, мг/дм ³	ФК, мг/дм ³
24.02	Нижній б'єф	<i>n</i>	43,2	1,4	26,7
		<i>δ</i>	31,2	1,5	23,2
17.03	Поблизу с. Страхолісся	<i>n</i>	57,2	1,5	27,7
18.03	Поблизу с. Лебедівка	<i>n</i>	38,4	1,3	18,0
		<i>n</i>	47,6	1,4	24,5
		<i>δ</i>	42,8	1,1	22,5
11.05	Поблизу с. Страхолісся	<i>n</i>	57,6	2,0	34,2

Не виключено, що надходження заліза з ГР слід вважати як вагоме джерело його накопичення у воді Київського водосховища. Концентрація інших металів навіть за дефіциту О₂ не зростала (табл. 3).

Таблиця 3

Вміст розчинних форм металів у воді Київського водосховища, 2010 р.

Дата відбору проб води	Станції відбору проб води		Fe	Mn	Al	Cr	Cu
			мг/дм ³		мкг/дм ³		
24.02	Нижній б'єф	<i>n</i>	0,92	0,76	82,0	38,6	14,3
		<i>δ</i>	0,77	0,50	56,8	29,5	16,0
17.03	Поблизу с. Страхолісся	<i>n</i>	1,19	1,20	23,0	22,0	16,8
18.03	Поблизу с. Лебедівка	<i>n</i>	0,40	0,84	47,5	21,3	13,5
		<i>n</i>	1,06	0,86	39,2	19,8	16,0
		<i>δ</i>	1,06	0,75	51,7	25,3	17,5
07.04	Нижній б'єф	<i>n</i>	0,86	0,05	60,0	27,8	21,6
		<i>δ</i>	1,12	0,05	119,0	20,0	23,8
11.05	Поблизу с. Страхолісся	<i>n</i>	0,53	0,07	70,3	17,8	10,5

Висновки

Формування стійкого льодоставу у Київському водосховищі взимку 2010 р. стало причиною істотного погіршення його екологічного стану. Тривалий дефіцит кисню призвів до виникнення анаеробних умов, що зумовило зниження інтенсивності окиснювальних процесів. У воді накопичувалися біогенні речовини і сполуки металів, зокрема заліза і мангану. Їх концентрації були високими і зберігалися тривалий час. Лише за аерації концентрація мангану знизилася майже на порядок. Водночас, вміст заліза залишався високим навіть за зростання концентрації О₂ навесні, що свідчить про його знаходження у складі комплексів з ГР. Істотному зниженню концентрації О₂ у воді Київського водосховища сприяли не лише відсутність атмосферної аерації взимку, але й підвищені концентрації ІР та мангану, що окиснювалися розчиненим у воді киснем. Накопичення речовин у воді Київського водосховища призвело до істотного погіршення її якості за низкою хімічних показників.

1. *Гидрология и гидрохимия Днепра и его водохранилищ* / А.И. Денисова, В.М. Тимченко, Е.П. Нахшина, Б.И. Новиков [и др.]. – К.: Наук. думка, 1989. – 216 с.
2. *Линник П.Н.* О методических особенностях исследования сосуществующих форм хрома в природных водах / П.Н. Линник, А.А. Лещинская, Б.И. Набиванец // *Гидробиол. журн.* – 1989. – Т. 25, № 2. – С. 88–93.
3. *Линник П.Н.* Причины ухудшения качества воды в Киевском и Каневском водохранилищах / П.Н. Линник // *Химия и технология воды.* – 2003. – Т. 25, № 4. – С. 384–403.
4. *Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод* / О.М. Арсан, О.А. Давидов, Т.М. Дьяченко [та ін.]; За ред. В.Д. Романенка. – НАН України. Ін-т гідробіології. – К.: ЛОГОС, 2006. – 408 с.
5. *Набиванец Б.И.* Кинетические методы анализа природных вод / Б.И. Набиванец, П.Н. Линник, Л.В. Калабина. – К.: Наук. думка, 1981. – 140 с.

6. *Попович Г.М.* Сорбционное концентрирование и спектрофотометрическое определение гуминовых и фульвокислот в водах : автореф. дис. ... канд. хим. наук; 02.00.02 "Аналитическая химия"/ Г.М. Попович. – Киев, 1990. – 23 с.
7. *Прогнозирование и пути улучшения кислородного режима Киевского водохранилища в зимний период / О.П. Оксенок, В.М. Тимченко, В.М. Якушин, П.Н. Линник и др.* – К.: Ин-т гидробиологии НАНУ, 2000. – 44 с.
8. *Савранский Л.И.* Спектрофотометрическое исследование комплексообразования Cu, Fe и Al с хромазуолом S в присутствии смеси катионного и неионогенного ПАВ / Савранский Л.И., Наджафова О.Ю. // Журн. аналит. химии. – 1992. – Т. 47, № 9. – С. 1613–1617.

П.Н. Линник, А.О. Морозова, Т.О. Васильчук
Институт гидробиологии НАН Украины, Киев

ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КИЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА РАСТВОРЕННОГО КИСЛОРОДА

Приведена гидроэкологическая характеристика Киевского водохранилища в зимний период 2010 г. Показано, что дефицит растворенного кислорода обусловил существенное ухудшение качества воды по содержанию железа, марганца, аммонийного азота и гумусовых веществ.

Ключевые слова: Киевское водохранилище, дефицит кислорода, железо, марганец, гумусовые вещества

P.N. Linnik, A.O. Morozova, T.O. Vasil'chuk
Institute of Hydrobiology of NAS of Ukraine, Kyiv

HYDROECOLOGICAL CHARACTERISTIC OF KYIV RESERVOIR IN EXTREME TERMS OF DEFICIT OF DISSOLVED OXYGEN

A hydroecological characteristic of the Kyiv reservoir in winter period 2010 is given. It is shown that oxygen deficit caused the essential aggravation of the water quality by concentration of iron, manganese, ammonia nitrogen and humic substances.

Key words: Kyiv reservoir, deficit of oxygen, ferrum, mangan, humus matters

УДК 504.064.36

Д.В. ЛУКАШОВ

Київський національний університет ім. Тараса Шевченка
вул. Володимирська, 64, Київ 01601

ЧИ Є КРИТЕРІЄМ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ КОЕФІЦІЄНТИ НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ГІДРОБІОНТАМИ?

Досліджено мінливість величини коефіцієнту накопичення Cd, Cu, Zn, Cr, Ni, Pb, Co, Mn, Fe прісноводними молюсками з 248 водойм України. Показано обернену залежність між величиною коефіцієнту накопичення та концентрацією металів у водному середовищі, що не дозволяє використовувати даний показник в якості критерію забруднення.

Ключові слова: важкі метали, коефіцієнт накопичення, молюски

Хімічний склад тканин гідро біонтів (накопичувачі важких металів) може слугувати чутливим показником забруднення водних екосистем. Однак, рівні накопичення важких металів гідробіонтами залежать від багатьох параметрів навколишнього середовища. Значне варіювання абсолютної величини концентрації забруднюючих речовин в організмі-моніторі, що спричинене як внутрішніми факторами організму, так і впливом зовнішніх параметрів середовища, зумовило пошук відносних показників, які можуть оцінити значимість параметрів хімічного складу тканин гідробіонтів. В якості таких показників у багатьох дослідженнях запропоновано використовувати безрозмірні коефіцієнти накопичення (аккумуляції) K_H , які розраховуються як відношення концентрації поллютанта в організмі до величини його концентрації у навколишньому середовищі.

Застосування таких коефіцієнтів було запозичене з біогеохімії, в якій за допомогою K_H характеризують акумуляційну здатність певних видів рослин як концентраторів хімічних елементів.