

Комплексоутворення молибдену відбувалося переважно за участі ГР та вуглеводів. Також показано кисневий режим водних об'єктів в різні сезони року.

Ключові слова: молибден; міграція; водойми урбанізованих територій.

Молибден в водних об'єктах урбанізованих територій (на прикладі озер Опечень)

Игнатенко И.И.

Рассмотрены результаты исследования миграции молибдена в воде системы озер Опечень и р. Сирец, в которую поступают воды с карьеров кирпичного завода. Общее содержание молибдена находилось в пределах 1,9–9,5 мкг/дм³. Повышенное содержание и доля молибдена во взвеси наблюдалась в р. Сирець и оз. Кирилловском (30,0 и 28,9 % Mo_{общ}), ниже впадения реки. Главным образом молибден находился в растворенной форме, которая представлена комплексными соединениями с растворенными органическими веществами. Комплексообразование молибдена происходило с участием гумусовых веществ и углеводов. Также представлен кислородный режим водных объектов в разные сезоны года.

Ключевые слова: молибден; миграция; водоемы урбанізованих територій.

The molybdenum in water bodies of the urbanized territories (the example of Opechen lakes)
Ignatenko I.I.

The results of investigation of molybdenum migration in water of Opechen lakes system and Syrets river, which receives water from the dump of the brick factory are discussed. The total molybdenum content was within the range of 1,9–9,5 µg/dm³. The increased molybdenum content and part in suspended matter was observed in the Syrets river and Kirillovsky lake (30,0 and 28,9 % Mo_{total}), below its confluence. Mainly molybdenum in a dissolved form, which is complex compounds with dissolved organic ligands represented. Among them, compounds with humic substances dominated (40,6–69,0 % Mo_{dissolv}), but the complexes of a neutral nature (mainly carbohydrates) part was 24,8–43,7 % Mo_{dissolv}. This indicates the significant role of the biota in the molybdenum migration and distribution among its coexistence forms.

In the investigated reservoirs the degree of oxygenous saturation of water in surface layer of the lakes was 57,6–323,8 %, as a result of the intensive development of algae. In water of the bottom layer of Minske, Lugove, Andrijijske lakes, there was practically no oxygen (0–2,4 mg/dm³) in summer and autumn, because wasn't mixing of the bottom layer water in these seasons of the year.

Keywords: molybdenum; migration; reservoirs of urbanized territories.

Надійшла до редколегії 25.04.2018

УДК 556.531.4 (282.247.32)

Осипенко В.П.

Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

СЕЗОННИЙ РОЗПОДІЛ РОЗЧИНЕНИХ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН У ВОДІ ОЗЕРА ВЕРБНОГО (м. КИЇВ)

Ключові слова: гумінові кислоти; фульвокислоти; вуглеводи; білковоподібні речовини; сезонна динаміка; озеро Вербне.

Вступ. Відомо, що якість води у водоймах міської зони м. Києва залежить від комплексу природних та антропогенних чинників, які все частіше мають негативний вплив [1, 6]. У зв'язку з цим стає важливим вивчення самоочисної здатності цих водних об'єктів шляхом дослідження сезонних змін гідрохімічних показників, у тому числі вмісту розчинених органічних сполук і їхніх окремих компонентів.

Розчинені органічні речовини (РОР) беруть участь у багатьох гідрохімічних й гідробіологічних процесах, які відбуваються у водоймі [3, 7]. Вміст РОР у поверхневих водах – невід'ємна характеристика їхньої якості. Життєдіяльність водяних організмів також залежить від розчинених органічних сполук і, в першу чергу, від їхнього компонентного складу. Однак, в результаті споживацького

втручання в навколишнє середовище спостерігається різка зміна якісного і кількісного складу органічних речовин в природних водах, що завдає шкоди розвитку гідробіонтів. До абіотичних чинників, які значною мірою впливають на загальний вміст і компонентний склад РОР у воді, належать температура, активна реакція водного середовища (рН), вміст розчиненого кисню.

Метою цієї роботи було вивчення сезонної динаміки загального вмісту РОР і деяких їхніх компонентів – гумінових і фульвокислот (ГК і ФК), вуглеводів (В) і білковоподібних речовин (БПР) – у поверхневому і придонному шарах води, а також у поровій воді з донних відкладів оз. Вербного у взаємозв'язку з такими гідрохімічними чинниками, як рН і вміст розчиненого у воді кисню.

Об'єкт і методика досліджень. Озеро Вербне розташоване у правобережній частині Києва на півдні житлового масиву Оболонь у ложі колишньої річкової долини. Воно утворене в результаті заповнення водою кар'єру гідронамиву при будівництві прилеглих будинків, але має гідравлічний зв'язок з Канівським водосховищем. Озеро непроточне і використовується для відпочинку. Його площа становить 16,4 га, довжина 1100 м, ширина 60–240 м, площа прибережної смуги 16,1 га. Водний режим озера в основному залежить від поверхневого стоку, який може збільшуватись під час повеней і дощів. Підняття рівня ґрунтових вод на території заплави під час весняного водопілля також впливає на водний режим озера [11].

Проби води у досліджуваному об'єкті відбирали з поверхневого та придонного шарів води і з донних відкладів протягом 2017 р. посезонно: у квітні, липні та жовтні. Відбір води проводили на ділянці з глибиною 18 м у центральній частині озера. Порову воду одержували центрифугуванням мулу зі швидкістю 6000 об/хв. У нефільтрованій воді вимірювали температуру, рН і визначали концентрацію розчиненого кисню та хімічне споживання кисню (ХСК). Для відокремлення зависі від фракції РОР використовували мембранні фільтри "Synpro" з діаметром пор 0,4 мкм, Чехія. У відфільтрованій воді визначали перманганатну і біхроматну окиснюваність (ПО і БО) [5].

Для вивчення компонентного складу РОР методом іонообмінної хроматографії застосовували ДЕАЕ- і КМ-целюлози [10], в результаті чого одержували три фракції розчинених органічних сполук: кислотну, основну і нейтральну. В кислотній групі РОР досліджували ГК і ФК, в основній – БПР, а в нейтральній – В. БПР визначали методом Фоліна-Лоурі [2], В – за допомогою антрону [9], ГК і ФК – спектрофотометричним методом за їхнім власним забарвленням при $\lambda=400$ нм і за реакцією азосполучення з діазотованим 4-нітроаніліном [8].

Результати досліджень та їх обговорення. Як було сказано, до важливих абіотичних чинників, які визначають загальний вміст і компонентний склад РОР у воді, належать температурний режим, рН, вміст розчиненого кисню та ХСК. Узагальнені результати вивчення сезонної динаміки цих показників представлені у таблиці.

Температура в обох горизонтах води відповідала сезонним змінам температури атмосферного повітря. Через значну глибину водойми на досліджуваній ділянці (18 м) температура води у поверхневому та придонному шарах помітно відрізнялась і коливалась від 10,5°C до 24,4°C та від 8,2°C до 12,1°C відповідно. Як відомо, сезонний вплив температури на гідробіологічні процеси у водоймі призводить до зміни розчиненого у воді кисню і рН [4].

Навесні на відкритих, добре прогрітих і освітлених ділянках водойми інтенсивно відбувались процеси фотосинтезу за участю фітопланктону. В цей період спостерігали високий вміст розчиненого кисню і лужні показники рН як у

поверхневому – 19,5 мг/дм³ (рН 9,6), так і у придонному – 17,7 мг/дм³ (рН 8,0) – шарах води.

Таблиця. Величини температури, рН, розчиненого кисню, ступеня насичення киснем, ХСК води оз. Вербного, 2017 р.

Пори року	t _в , °С	рН	O ₂ , мг/дм ³	Ступінь насичення киснем, %	ХСК, мгО/дм ³
Поверхневий шар					
Весна	10,5	9,6	14,5	132,4	49,0
Літо	24,4	8,3	7,2	84,8	68,0
Осінь	14,0	8,4	5,9	56,3	29,9
Придонний шар					
Весна	10,6	8,0	13,9	127,2	28,2
Літо	12,1	7,7	0,0	0,0	68,0
Осінь	8,2	7,1	1,5	12,6	35,4

Влітку внаслідок високої температури води та інтенсифікації процесів розпаду і окиснення відмерлого фітопланктону у воді виник дефіцит кисню. За таких умов вміст кисню на поверхні зменшився вдвічі – до 7,2 мг/дм³ (рН 8,0), а у придонному шарі утворились анаеробні зони, що відобразилось на розподілі органічних речовин. Восени за зниження температури води і осідання органічних решток на дно відмічали невисокий вміст розчиненого кисню на поверхні – 5,9 мг/дм³ (56,3% насичення), а на дні – лише 1,5 мг/дм³ (12,63% насичення) за зменшення рН до 7,1.

Сезонний розподіл РОР (поверхневий шар). Загальний вміст РОР у воді визначали за показниками ПО і БО. Як видно з рис. 1а, б, величини ПО і БО у поверхневій воді змінювалися відповідно в межах 9,5–14,4 та 24,5–54,4 мг О/дм³ з максимальними показниками у літній період. Найвищий вміст ГК, ФК, В та БПР (рис. 1в, г, д, е) також припадав на літо і становив 0,40; 6,20; 2,75 та 0,88 мг/дм³ відповідно, що пов'язано, насамперед, з високою фотосинтетичною активністю фітопланктону. Максимальні значення ХСК у нефільтрованій воді влітку (68,0 мг О/дм³) це підтверджують (див. табл.).

Отже, у поверхневому шарі води відмічали традиційний сезонний розподіл органічних речовин [7]. Хоча велика частина водозбірної території озера зайнята житловими масивами, навесні суттєво збільшується поверхневий стік (у тому числі стік РОР). Влітку спостерігали максимальний вміст РОР у воді на фоні її інтенсивного “цвітіння”, а восени – знову поступове зниження їхньої загальної концентрації, що може свідчити про хорошу самоочисну здатність озера.

Сезонний розподіл РОР (придонний шар). Сезонна динаміка величин ПО і БО у придонному горизонті води показала, що вони коливалися від 8,8 до 13,5 мг О/дм³ та від 24,4 до 46,2 мг О/дм³ відповідно з найвищими показниками влітку. Значення ХСК також зросли влітку у 2,5 разів порівняно з весною. Максимальні концентрації ГК, В і БПР відмічали також в цей період, вони становили 0,30; 2,76 і 0,86 мг/дм³ відповідно. Лише максимальний вміст ФК у воді придонного шару спостерігали восени – 6,70 мг/дм³.

Слід відмітити, що сезонна динаміка вмісту ГК і ФК співпадала зі змінами загального вмісту важкоокиснюваних РОР (показники БО), а сезонна динаміка В і БПР – з розподілом легкоокиснюваних сполук (показники ПО) як в поверхневому, так і придонному шарах води.

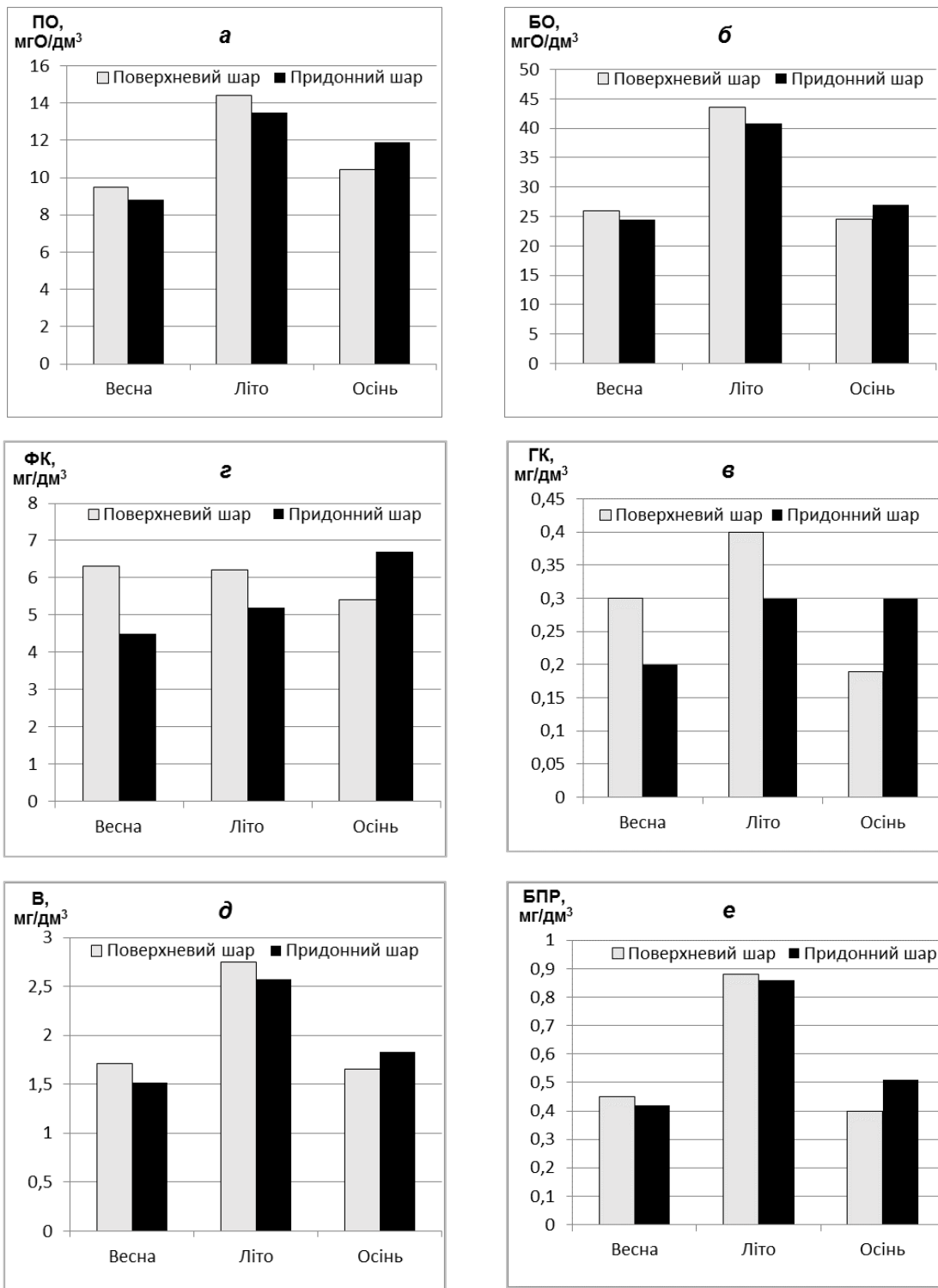


Рис. 1. Сезонна динаміка показників ПО (а), БО (б), вмісту ГК (в), ФК (г), В (д) та БПР (е) у воді оз. Вербоного, 2017 р.

Просторовий розподіл РОР. З результатів, представлених на рис. 1, витікає, що протягом періоду весна-літо спостерігали незначне перевищення загального вмісту РОР у воді поверхневого шару. Восени навпаки переважали величини БО і ПО у придонному шарі. Показники БО, наприклад, становили 24,5 та 27,0 мг О/дм³ у воді поверхневого та придонного шарів відповідно.

Порівнюючи вміст ГК, ФК, В і БПР у двох горизонтах води, можна зазначити, що їхній просторовий розподіл відповідав просторовій динаміці БО і ПО. Так, навесні

і влітку концентрації досліджуваних органічних компонентів також були вищі у поверхневому шарі води. А восени у придонному шарі на глибині 18 м за концентрації розчиненого кисню $1,5 \text{ мг/дм}^3$ відмічали перевищення вмісту всіх груп POP. І хоча ми спостерігали традиційне осіннє зниження абсолютних концентрацій органічних сполук у кожному шарі окремо, відносний загальний вміст POP і вміст окремих груп POP превалювали у придонній воді. Таку ситуацію можна пояснити поєднанням у цей період року декількох природних процесів: седиментації органічних решток на дно, активізації анаеробної мікрофлори і десорбції POP з донних відкладів за анаеробних умов (відповідно мінімальне рН 7,1) [12].

Порова вода. Порова вода є проміжною ланкою між донними відкладами і придонним шаром води. На її склад у різні пори року впливає багато чинників: гідрологічні, фізико-хімічні, біологічні, антропогенні тощо.

На рис. 2 наведені результати вивчення розчиненої органічної складової порової води, виділеної з донних відкладів. Аналізуючи сезонні зміни вмісту POP, можна зазначити, що за показниками ПО і БО їхнє співвідношення було досить стабільним протягом року і становило приблизно 1:2. Максимальні їхні величини ($52,4$ і $108,0 \text{ мг О/дм}^3$ відповідно) припадали на весну. Можна припустити, що ці показники відобразили вміст не тільки природних POP, які ми вивчали, але й забруднювальних речовин, “законсервованих” взимку у донних відкладах до початку активних весняних гідрологічних процесів. В літньо-осінній період сезонна динаміка загального вмісту POP відповідала такій для окремих груп розчинених органічних сполук.

Так, концентрації ГК, ФК, В і БПР навесні були мінімальні. Влітку вони зросли, а в осінній період досягнули максимуму, як і більшість досліджуваних органічних сполук у придонному шарі, що підтверджує активний процес седиментації за зниження температури води.

Потрібно відмітити, що при порівнянні вмісту POP у поровій і поверхневій воді найбільшу різницю спостерігали восени (у 3 і 4 рази для БО і ПО відповідно та у 3–15 разів для різних класів POP). Влітку ці співвідношення були мінімальними і становили 2 і 3 для БО і ПО відповідно та від 2 до 4 для окремих компонентів POP. Така різниця є показовою для сезонних продукційно-деструкційних процесів, які відбуваються у водоймі.

Висновки. Як видно з наведених результатів, сезонні коливання загального вмісту POP і їхніх окремих компонентів (ГК, ФК, В і БПР) у воді оз. Вербного співпадали у часі з продукційно-деструкційними процесами у водоймі. Зміна температури, рН, розчиненого у воді кисню можуть по різному впливати на розподіл органічних сполук у поверхневій, придонній і поровій воді.

У поверхневому шарі води за значеннями ПО і БО відмічали традиційну сезонну динаміку вмісту органічних речовин, що може свідчити про хорошу самоочисну здатність озера. Максимальні показники POP спостерігали у літній період, що пов'язано, насамперед, з високою фотосинтетичною активністю фітопланктону.

У придонному шарі максимальні величини ПО і БО влітку, ймовірно, були спричинені адсорбцією органічних сполук з донних відкладів за анаеробних умов, що може становити потенційну небезпеку вторинного забруднення водойми. Восени загальна концентрація POP і окремих груп POP навіть перевищувала аналогічні показники у поверхневому шарі води внаслідок поєднання у цей період року декількох природних процесів: седиментації органічних решток на дно, активізації анаеробної мікрофлори і десорбції POP з донних відкладів за збереження дефіциту кисню і низького рН.

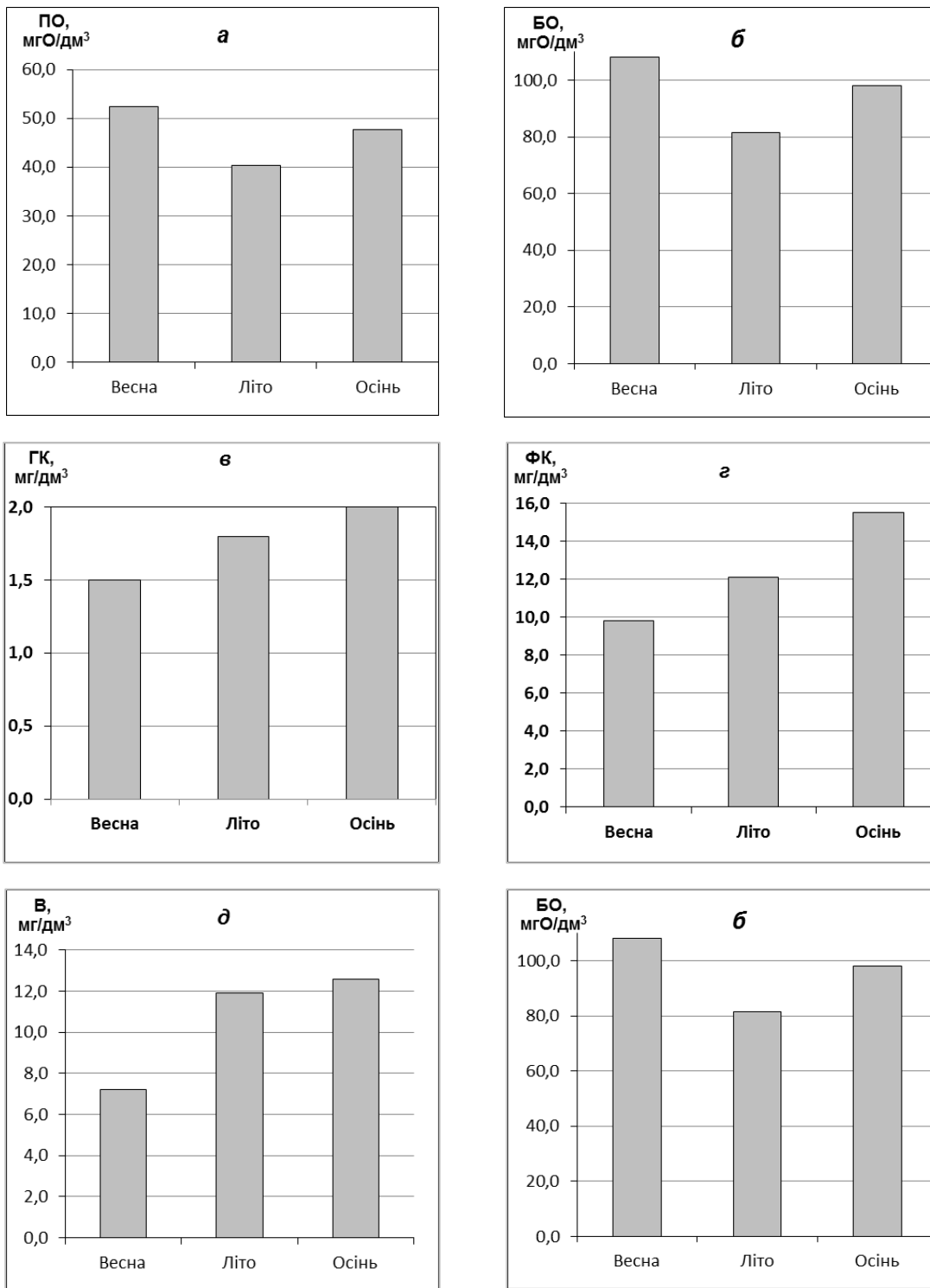


Рис. 2. Сезонна динаміка показників ПО (а), БО (б), вмісту ГК (в), ФК (г), В (д) та БП (е) у поровій воді з донних відкладів оз. Вербного, 2017 р.

Сезонний розподіл POP у поровій воді, яка є проміжною ланкою між донними відкладами і придонним шаром води, відображає тенденцію до накопичення в ній органічних сполук від літа до осені з одночасним зменшенням цих сполук у придонній воді. Така ситуація також вказує на самоочисний потенціал оз. Вербного.

Отже, сезонна динаміка окремих груп POP є показником функціонування гідробіоценозів, і різкі зміни їхнього традиційного розподілу між абіотичними

компонентами можуть свідчити про порушення природного балансу внаслідок кліматичних чи антропогенних чинників.

Список літератури

1. *Афанасьєва О.А., Багацька Т.С., Оляницька Л.Г.* Екологічний стан київських водойм. К.: Фітосоціцентр, 2010. 256 с. 2. *Дебейко Е.В., Рябов А.К., Набиванец Б.И.* Прямое фотометрическое определение растворимых белков в природных водах. Гидробиол. журн. 1973. Т. 9. № 6. С. 109–113. 3. *Зобкова М.В., Ефремова Т.А., Лозовик П.А., Сабиліна А.В.* Органическое вещество и его компоненты в поверхностных водах гумидной зоны. Усп. совр. Естествознания. 2015. № 12. С. 115–120. 4. *Константинов А.С.* Общая гидробиология. М.: Высшая школа, 1986. 472 с. 5. *Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / О.М. Арсан, О.А. Давидов, Т.М. Дьяченко та ін. / за ред. В.Д. Романенка.* К.: Логос, 2006. 408 с. 6. *Осадчий В.І., Осадча Н.М., Мостова Н.М.* Вплив урбанізованих територій на хімічний склад поверхневих вод басейну Дніпра. Наук. пр. УкрНДГМІ. 2002. Вип. 250. С. 242–261. 7. *Осипенко В.П., Васильчук Т.О., Євтух Т.В.* Сезонна динаміка вмісту основних груп органічних речовин у різних водних об'єктах. Гідрологія, гідрохімія і гідро екологія. 2012. № 1(26). С. 134–140. 8. *Попович Г.М.* Сорбционное концентрирование и спектрофотометрическое определение гуминовых и фульвокислот в водах: Автореф. дис. ... канд. хим. наук. К.: 1990. 23 с. 9. *Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / под ред. А.Д. Семенова.* Л.: Гидрометеиздат, 1977. 542 с. 10. *Сироткина И.С., Варшал Г.М., Лурье Ю.Ю., Степанова Н.П.* Применение целлюлозных сорбентов и сефадексов в систематическом анализе органических веществ природных вод. Журн. аналит. Химии. 1974. Т. 29. № 8. С. 1626–1632. 11. *Хильчевський В.К., Бойко В.К.* Гідролого-гідрохімічна характеристика озер і ставків Києва. Гідрологія, гідрохімія і гідро екологія. 2005. Т. 2. С. 529–535. 12. *Шилькрот Г.С.* Биогеохимические процессы и потоки веществ и энергии в нарушенных водных экосистемах. Изв. РАН. Серия: География. 2008. № 3. С. 35–44.

References

1. *Afanas'ieva O.A., Bahats'ka T.S., Oliyants'ka L.H.* Ekolohichnyj stan kyivs'kykh vodojm. K.: Fitosotsintsentr, 2010. 256 s. 2. *Debejko E.V., Rjabov A.K., Nabivanec B.I.* Prjamoe fotometricheskoe opredelenie rastvorimyh belkov v prirodnyh vodah. Hidrobiol. zhurn. 1973. T. 9. № 6. S. 109–113. 3. *Zobkova M.V., Efremova T.A., Lozovik P.A., Sabilina A.V.* Organicheskoe veshhestvo i ego komponenty v poverhnostnyh vodah gumidnoj zony. Usp. sovr. Estestvoznaniya. 2015. № 12. S. 115–120. 4. *Konstantinov A.S.* Obshhaja gidrobiologija. M.: Vysshaja shkola, 1986. 472 s. 5. *Metody hidroekolohichnykh doslidzhen' poverkhnevyykh vod / O.M. Arsan, O.A. Davydov, T.M. D'iachenko ta in. / za red. V.D. Romanenka.* K.: Lohos, 2006. 408 s. 6. *Osadchij V.I., Osadcha N.M., Mostova N.M.* Vplyv urbanizovanykh terytorij na khimichnyj sklad poverkhnevyykh vod basejnu Dnipra. Nauk. pr. UkrNDHMI. 2002. Vyp. 250. S. 242–261. 7. *Osypenko V.P., Vasylychuk T.O., Yevtukh T.V.* Sezonna dynamika vmistu osnovnykh hrupp orhanichnykh rehovyn u riznykh vodnykh ob'iektakh. Hidrolohiia, hidrokhimii i hidro ekolohiia. 2012. № 1(26). S. 134–140. 8. *Popovich G.M.* Sorbcionnoe koncentrirovanie i spektrofotometricheskoe opredelenie guminovyh i ful'vokislot v vodah: Avtoref. dis. ... kand. him. nauk. K.: 1990. 23 s. 9. *Rukovodstvo po himicheskomu analizu poverhnostnyh vod sushi / pod red. A.D. Semenova.* L.: Gidrometeoizdat, 1977. 542 s. 10. *Sirotkina I.S., Varshal G.M., Lur'e Ju.Ju., Stepanova N.P.* Primenenie celljuloznych sorbentov i sefadeksov v sistematicheskom analize organicheskikh veshhestv prirodnyh vod. Zhurn. analit. Himii. 1974. T. 29. № 8. S. 1626–1632. 11. *Khil'chevs'kyj V.K., Bojko V.K.* Hidroloho-hidrokhimichna kharakterystyka ozer i stavkiv Kyieva. Hidrolohiia, hidrokhimii i hidro ekolohiia. 2005. T. 2. S. 529–535. 12. *Shil'krot G.S.* Biogeoхимические процессы и потоки veshhestv i jenerгии v narushennyh vodnyh jekosistemah. Izv. RAN. Serija: Geografija. 2008. № 3. S. 35–44.

Сезонний розподіл розчинених органічних речовин у воді озера Вербного (м. Київ)

Осипенко В.П.

Представлено результати вивчення сезонної динаміки вмісту розчинених органічних речовин у воді озера Вербного у 2017 р. Наведено основні гідрохімічні характеристики, загальний вміст розчинених органічних речовин, а також концентрації їхніх окремих компонентів (гумінових

ISSN:2306-5680 **Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2018. № 2 (49)**

кислот, фульвокислот, вуглеводів і білковоподібних речовин) у поверхневій, придонній й поровій воді з донних відкладів досліджуваної водойми.

Ключові слова: розчинені органічні речовини; гумінові кислоти; фульвокислоти; вуглеводи; білковоподібні речовини; сезонна динаміка; озеро Вербне.

Сезонное распределение растворенных органических веществ в воде озера Вербного (г. Киев)

Осипенко В.П.

Представлены результаты изучения сезонной динамики содержания растворенных органических веществ в воде озера Вербного в 2017 г. Приведены основные гидрохимические характеристики, общее содержание растворенных органических веществ, а также концентрации их отдельных компонентов (гуминовых кислот, фульвокислот, углеводов и белковоподобных веществ) в поверхностной, придонной и поровой воде из донных отложений исследуемого водоема.

Ключевые слова: растворенные органические вещества, гуминовые кислоты; фульвокислоты; углеводы; белковоподобные вещества; сезонная динамика; озеро Вербное.

The seasonal distribution of the dissolved organic substances in water of the Verbne lake (Kyiv city)

Osyenko V.P.

The results of investigations of the dissolved organic substances distribution in water of the Verbne lake in 2017 are presented and analysed. In particular the seasonal values of the total dissolved organic substances content are defined by parameters of bichromate and permanganate oxidizability. Also the seasonal dynamics of such different organic compounds as humic acids, fulvic acids, carbohydrates and protein-like substance in surface water, in bottom water and in water from bottom sediments of the lake are considered. The major hydrochemical characters of water (pH, dissolved oxygen concentration, degree of oxygen saturation of water, chemical oxygen demand) and their correlation with the seasonal changes of the general dissolved organic substances content and different organic compounds are studied. The traditional seasonal distribution of these organic substances indicates a good self-cleaning ability of the Verbne lake.

Keywords: dissolved organic matters; humic acids; fulvic acids; carbohydrates; proteins; seasonal dynamics; Verbne lake.

Надійшла до редколегії 27.04.2018