УДК [556.53+574] (477.41)

Дараган С. В.
Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

ОЗЕРО СИНЄ – ЕКОЛОГО-ГІДРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Ключові слова: *водний баланс, зовнішній водообмін, динаміка водних мас*

Вступ. Водні об'єкти м. Києва знаходяться під постійним антропогенним тиском. Одним із таких об'єктів є озеро Синє (рис. 1), яке входить до групи безстічних водойм [1]. Тому питання оцінки еколого-гідрологічних умов у ньому є досить актуальним.

Рис. 1. **Схема розташування озера Синє**
Умовний розподіл водойми: 1 – північна ділянка; 2 – південна ділянка; 3 – затока; 4 – канал

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що багато урбанізованих водойм досліджувалось раніше. Вивчались різнотипні за походженням водойми Києва [1], визначався флористичний склад вищих водяних рослин [10], еколого-токсикологічний стан водойм [2], їхні гідролого-гідрохімічні характеристики [3, 9]. Однак гідрологічні умови функціонування екосистем водойм вивчені недостатньо.

Постановка завдання. Для оцінки можливих наслідків антропогенного впливу на екосистему озера Синє необхідно визначити абіотичні умови її функціонування, в тому числі гідрологічні: зовнішній водообмін, внутрішньоводоймові процеси та гідрофізичні характеристики.

Методика. Оцінка еколого-гідрологічних умов функціонування екосистеми озера визначалась нами шляхом натурних досліджень навесні та влітку 2010 року, а також аналізу літературних даних. Зазначимо, що натурні спостереження здійснювались в періоди з аномальними погодними умовами. Аналіз результатів досліджень проводився з використанням сучасних методів обробки інформації. Для оцінки режиму течій використано метод математичного моделювання сталих течій в мілководних морях [5].

Виклад основного матеріалу. Озеро Синє розташоване в житловому масиві Виноградар. За формою і морфологічними показниками озеро поділяється на північну (верхню) і південну (нижню) ділянки, які з'єднані каналом (рис.1). Північна ділянка має невелику затоку, протяжністю близько 100 м. Довжина берегової лінії озера складає 1,5 км. Максимальна глибина – 1,85 м, середня – 0,85 м. Площа водної поверхні – 44 тис. м^2, об'єм – 37,6 тис. м^3. Довжина кожної ділянки досягає 250 м. Мінімальна ширина верхньої та нижньої ділянок озера – 56 і 28 м, відповідно; максимальна – 78 і 64 м, середня – 68 і 48 м. Ширина озера разом із з'єднувальним каналом дорівнює 176 м, ширина самого каналу – 20 м, його довжина – близько 40 м. За результатами натурних досліджень уточнено морфометричні характеристики і побудовано карту розподілу глибин (рис. 2), криві об'ємів та площ озера (рис. 3). Прибережна смуга озера використовується як зона відпочинку.

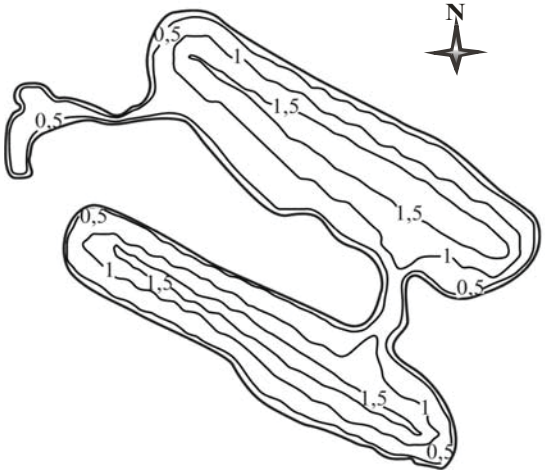

Рис. 2. **Схема озера в ізобатах *(м)*.**

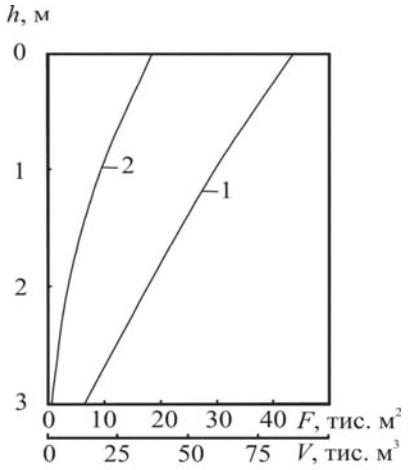

Рис. 3. **Криві площ (1) та об'ємів (2).**

Одним із основних чинників формування в озері водних мас, розчинених та завислих речовин, якості води і біопродуктивності є зовнішній водообмін, який формується складовими водного балансу.

Рівняння водного балансу озера має вигляд:

$$W_{оп} + W_{пов} - W_{гр} - W_{вип} = \pm W_a, \qquad (1)$$

де $(W_{оп})$ – атмосферні опади; $(W_{пов})$ – притік поверхневих вод; $(W_{гр})$ – підземний відтік; $(W_{вип})$ – випаровування з водної поверхні; (W_a) – акумуляція води у водоймі в кінці розрахункового періоду (року).

В районі озера за рік випадає близько 645 мм атмосферних опадів [4]. В холодний період року (листопад-березень) їх кількість складає в середньому 233 мм. В теплий період (квітень–жовтень) шар опадів досягає 412 мм. Максимальна кількість опадів припадає на липень, мінімальна – на жовтень. Завдяки атмосферним опадам протягом року на площу водного дзеркала озера надходить в середньому 28,4 тис. м^3 води.

Величина випаровування взимку складає 22 мм, навесні – 143, влітку – 282, восени – 80 мм. Максимальні місячні значення відмічаються у червні–липні, мінімальні – у грудні–січні. За рік з водної поверхні водойм в районі Києва випаровується біля 527 мм вологи. Це обумовлює втрату з озера Синє 23,2 тис. $м^3$ води за рік.

Притік поверхневих вод, розрахований за даними про опади, площу водозбору і втрати на просочування і випаровування з земної поверхні, складає 81,4 тис. $м^3$ за рік.

Підземний відтік визначено шляхом співставлення прибуткової та видаткової частини водного балансу озера з урахуванням факту збереження його об'єму. Він складає близько 87 тис. $м^3$ за рік.

Таким чином, прибуткова та видаткова частини водного балансу озера Синє складають в середньому 109,8 тис. $м^3$ на рік. Це зумовлює зовнішній водообмін, який оцінюється річним коефіцієнтом 2,92 або періодом водообміну 4,1 місяці. Тому озеро Синє можна охарактеризувати як подібне до помірно проточної водойми.

Динамічна активність водних мас, яка визначається в основному вітровими течіями, відіграє важливу роль у функціонуванні екосистеми озера Синє та формуванні якості води в ньому. На рис. 4. наведено схеми течій, отримані нами шляхом математичного моделювання при середньому за швидкістю вітрі (3 м/с). Течії формують інтенсивне горизонтальне перемішування водних мас водойми, а це в свою чергу сприяє вирівнюванню їх фізичних, хімічних та біологічних показників.

За довідковими даними [4], в районі м. Києва найбільшу повторюваність (30 %) мають західні вітри. При таких вітрах циклональні та антициклональні вихори формуються по всій акваторії озера (рис. 4, *г*). Найбільш потужний циклональний вихор виникає у північно-східних частинах верхньої та нижньої ділянок. Сумарна витрата цього потоку складає 0,4 $м^3/с$. Середні по вертикалі швидкості течії коливаються від 1,94 до 3,8 см/с. Антициклональні вихори при західному вітрі формуються в південно-західних частинах верхньої та нижньої ділянок та частково в затоці. Витрати потоків досягають 0,1–0,6 $м^3/с$. Середні по вертикалі швидкості течії коливаються від 1,94 до 3,8 см/с. При східному вітрі форми циркуляцій схожі, а напрямки функцій токів протилежні (рис. 4, *б*).

Розташування ліній функцій токів на схемі циркуляцій при північному вітрі (рис. 4, *а*) практично співпадає з їх розташуванням при південному (рис. 4, *в*). Напрямки течій діаметрально протилежні, тому циклональні вихори розміщуються вздовж берегів верхньої та нижньої ділянки озера в південно-західних зонах, антициклональні – у північно-східних. При середньому вітрі 3 м/с по всій акваторії озера сумарна витрата потоку коливається від 0,1 до 0,4 $м^3/с$. Середні по вертикалі швидкості течії в місцях скупчення ізоліній функцій токів досягають 1,97–3,55 см/с.

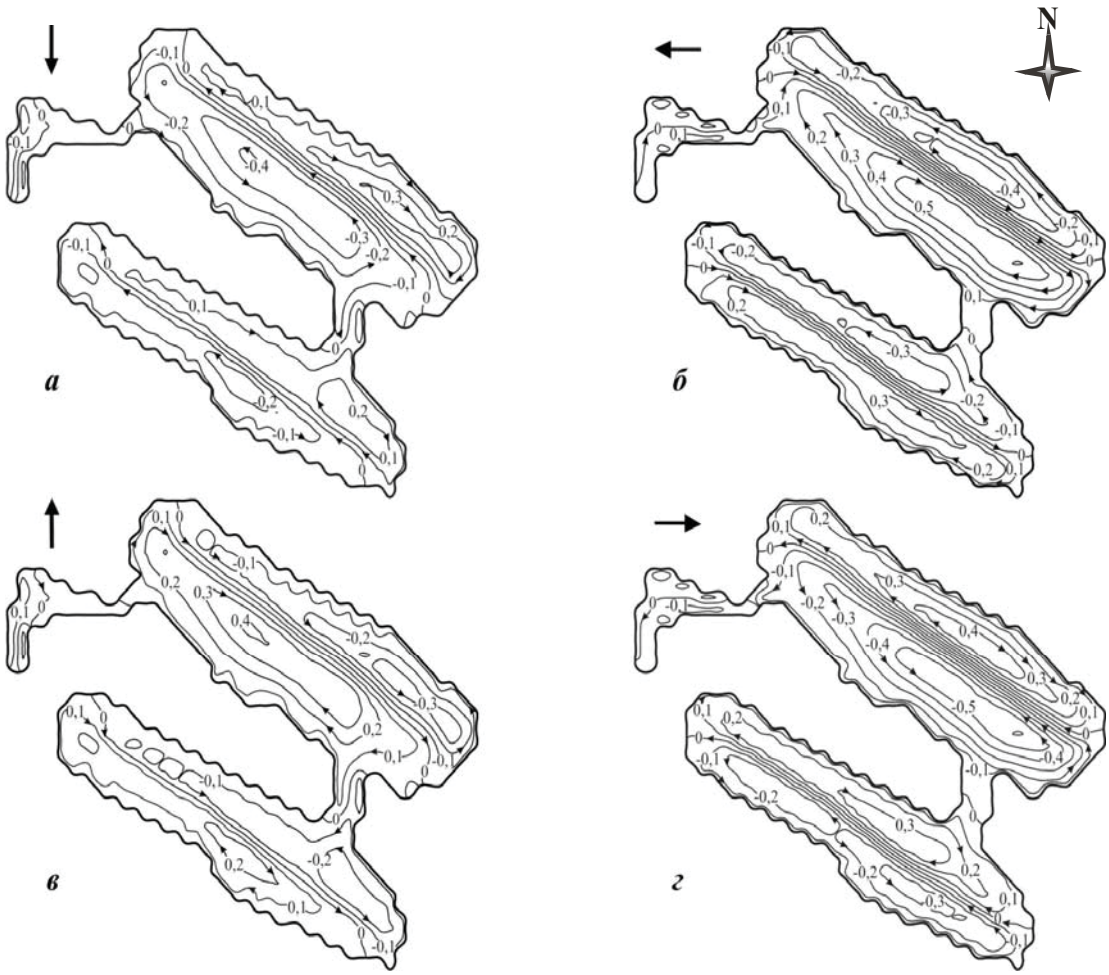

Рис. 4. **Циркуляції вод (функції токів, м^3/с) в озері Синє при вітрі 3 м/с північного (*а*), східного (*б*), південного (*в*) та західного (*г*) напрямків**

Витрати води в озері при східному та західному вітрах зі швидкістю 5 м/с варіюють від 0,1 до 0,9 м^3/с, зі швидкістю 10 м/с від 0,1 до 2 м^3/с. При північному та південному напрямках вітру зі швидкістю 5 м/с витрати води коливаються в межах 0,1–0,6 м^3/с, зі швидкістю вітру 10 м/с – 0,1–1,2 м^3/с.

Аналізуючи схеми циркуляцій вод, можна зробити висновок, що верхня та нижня ділянки озера у вегетаційний період мають значну динамічну активність. При різних напрямках вітру переміщення води досить інтенсивне.

Внутрішньоводойменні процеси, в основному течії, є одними з вирішальних факторів самоочищення озера. Відомо [7], що збільшення швидкості течії від 0 до 0,2 м/с призводить до посилення процесу перетворення забруднювальної (неконсервативної) речовини в 20 разів. За отриманими розрахунками, швидкість течії в озері знаходиться саме у вказаних межах.

Для оцінки динамічної складової процесу самоочищення водних об’єктів використовують відношення динамічного коефіцієнту трансформації забруднювальних речовин до статичного $K_д / K_{ст}$, яке залежить від швидкості течії *(v)* і може розраховуватися наступним чином [8]:

$$K_д / K_{ст} = v/(0{,}0031+0{,}0348 \cdot v), \quad \textbf{(2)}$$

де $K_{ст}$ – коефіцієнт біохімічного окиснення речовин в нерухомому середовищі; $K_д$ – те ж в умовах переміщення водної маси.

В озері Синє при вітрах східного та західного напрямків середня швидкість течії складає 0,027 м/с. Така течія посилює самоочисний потенціал озера в 6,68 разів відносно статичного, а при північному та південному вітрах – в 6,30 разів (табл. 1).

Таблиця 1. **Динамічна складова самоочисного потенціалу озера Синє при різних напрямках вітру**

Напрямок вітру	Середня швидкість течії ($v_{ср}$), *м/с*	Відношення динамічного коефіцієнту трансформації забруднювальних речовин до статичного $(K_д/K_{ст})$		
		середнє	максимальне	мінімальне
Швидкість вітру 3 *м/с*				
Північний та південний	0,025	6,30	7,99	4,70
Східний та західний	0,027	6,68	8,59	5,14
Швидкість вітру 5 *м/с*				
Північний та південний	0,042	9,26	11,2	7,06
Східний та західний	0,045	9,68	11,9	7,65
Швидкість вітру 10 *м/с*				
Північний та південний	0,085	14,0	15,8	11,7
Східний та західний	0,090	14,5	16,8	12,1

З урахуванням вірогідності напрямків вітру при його швидкості 3, 5, 10 м/с, динамічну складову самоочисного потенціалу для всього озера можна в цілому оцінити співвідношеннями $K_д/K_{ст}$, значення яких складають 6,41; 8,14; 12,2 відповідно. Озеро Синє належить до диміктичного типу. Водойма характер-ризується сезонними змінами температур. Для оцінки температурних показників озера використано матеріали наших посезонних вимірювань 2010 року. У квітні 2010 р. температура в поверхневому шарі озера складала 14˚С. У серпні значення температур коливалися від 27˚С в центральній акваторії (h=1,6 м) до 30˚С в прибережній (h=0,4 м).

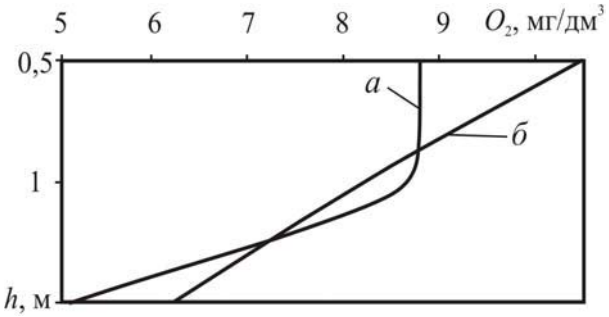

Рис. 5. **Вертикальний розподіл розчиненого у воді кисню в оз. Синьому 5 серпня 2010 року:**
а – південна*; б* – північна ділянки

Концентрація розчиненого у воді кисню в озері Синє, яка вважається інтегральним показником стану екосистем водойм [6], складає 8,8–11,2 мг/дм^3 [2, 3]. Влітку 2010 року вміст розчиненого кисню у воді водойми по глибині коливався в межах від 5,15 до 10,5 мг/дм^3 (рис. 5). Значення водневого показника (*pH*) за тими ж літературними даними [2, 3] варіює від 6,84 до 8,70. В період наших досліджень *pH* складав 7,50.

Висновки. Результати наведених вище досліджень свідчать про сприятливі гідрологічні умови функціонування екосистеми оз. Синього. Завдяки цьому озеро, незважаючи на потужний протягом тривалого часу антропогенний прес, успішно використовується як рекреаційний об'єкт.

Список літератури

1. *Афанасьев С.А.* Характеристика гидробиологического состояния разнотипных водоемов г. Киева / С.А. Афанасьев // Вестник экологии. – 1996. – № 1–2. – С. 112–118. **2.** Екологічний стан водойм м. Києва: [відп. ред. В. А. Кундієв]. – К. : Фітосоціоцентр, 2005. – 219 с. **3.** Екологічний стан київських водойм / [Афнасьєва О.А., Багацька Т.С., Оляницька Л.Г. та ін.]. - К. : Фітосоціоцентр, 2010. – 256 с. **4.** Клімат України / [В.М. Ліпінський, В.А. Дячук, В.М, Бабіченко та ін.] : ред. В.М. Ліпінський, В.А. Дячук, В.М. Бабіченко. – К. : Вид-во Раєвського, 2003. – 343 с. **5.** *Методика* расчета установившихся течений в мелководных морях / [под. ред. Г. В. Еремеевой]. – М. : Наука, 1970. – 64 с. **6.** *Оксиюк О. П.* Управление качеством води в каналах / О.П. Оксиюк, Ф.В. Стольберг. – К. : Наук. думка, 1986. –176 с. **7.** *Охрана* водных ресурсов / [Бородавченко И.И., Зарубаев Н.В., Васильев Ю.С. и др.]. – М. : Колос, 1979. – 247 с. **8.** *Тимченко В. М.* Экологическая гидрология водоемов Украины / В.М. Тимченко – К. : Наук. думка, 2006. – 383 с. **9.** *Хільчевський В.К.* Гідролого-гідрохімічна характеристика озер і ставків території м. Києва / В.К. Хільчевський, О.В. Бойко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2001. – Т. 2. – С. 529–535. **10.** *Щербак В.И.* Типизация водоемов урбанизованных территорий по разнообразию фитопланктона / В.И. Щербак, Н.Е. Семенюк // Гидробиол. журн. – 2006. – Т. 42, № 5. – С. 3–18.

Озеро Синє – еколого-гідрологічні характеристики

Дараган С.В.

Визначено екологічно значущі гідрологічні елементи озера Синє (м. Київ). Озеро характеризується значним зовнішнім водообміном та активними процесами самоочищення.

Ключові слова: *водний баланс, зовнішній водообмін, динаміка водних мас.*

Озеро Синее – эколого-гидрологические характеристики

Дараган С.В.

Определены экологически значимые гидрологические элементы озера Синее (г. Киев). Озеро характеризуется значительным внешним водообменном и активными процессами самоочищения.

Ключевые слова: *водный баланс, внешний водообмен, динамика водных масс.*

The ecohydrology characteristics of Lake Blue

Daragan S.V.

Ecologically meaningful hydrological elements of Lake Blue (Kyiv) have been defined. The lake is characterized by sizeable external water exchange and active self-clarification process.

Keywords: *water balance; external water exchange; dynamics of water masses.*

Надійшла до редколегії 11.11.2011