

Дараган С.В.

Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

ЕКОЛОГО-ГІДРОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ОЗЕРА РАЙДУЖНЕ (КИЇВ)

Ключові слова: стратифікація; зовнішній водообмін; динаміка водних мас

Вступ. Озеро Райдужне (Радунка) належить до заплавних водойм Дніпра, знаходиться на лівобережній частині м. Києва між Московським мостом та Подільсько-Воскресенським мостовим переходом (рис. 1) і, як більшість міських озер, зазнає антропогенного впливу.



Рис. 1. Схема розташування озера Райдужне

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Озеро досліджувалось раніше. Так, вченими Інституту гідробіології НАН України та Київського національного університету імені Тараса Шевченка вивчались різноманітні за походженням водойми Києва [1]. Було визначено флористичний склад вищих водних рослин [11], еколого-токсикологічний стан водойм [6], їхні гідролого-гідрохімічні характеристики [2, 10]. Однак, гідрологічні умови функціонування екосистем озера визначені недостатньо.

Постановка завдання. Водойми Києва у зв'язку з інтенсивною забудовою знаходяться в останні роки під антропогенним впливом. Одним із таких озер є Райдужне.

Для оцінки можливих наслідків антропогенного впливу на екосистему озера необхідно визначити абіотичні умови її функціонування, в тому числі гідрологічні.

Методика. Оцінка еколого-гідрологічних умов функціонування екосистеми озера проводилась нами шляхом натурних досліджень навесні та влітку 2010 року, а також аналізу літературних даних. Зазначимо, що натурні спостереження проводились нами в періоди, які виявилися аномальними за погодними умовами. Аналіз результатів досліджень проводився з використанням сучасних методів обробки інформації. Зокрема, для оцінки режиму течій використано метод математичного моделювання динаміки вод [12].

Виклад основного матеріалу. Натурні дослідження дозволили уточнити морфометричні характеристики і побудувати карту розподілу глибин (рис. 2), криві об'ємів та площ озера (рис. 3).

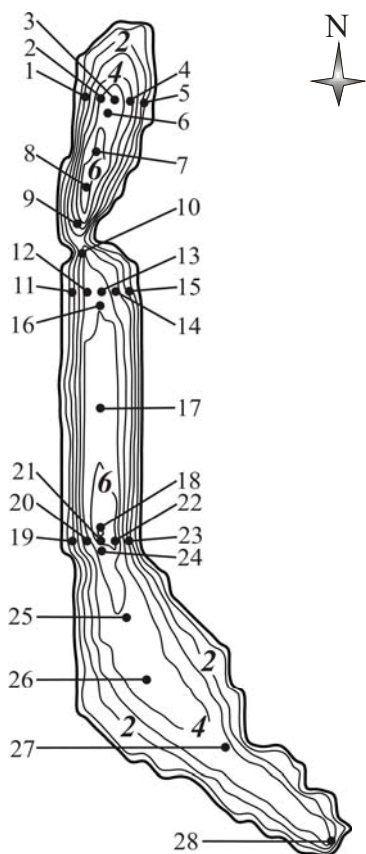


Рис. 2. Схема озера Райдужне в ізобатах (м). Точки, відмічені цифрами, номери станцій натурних спостережень

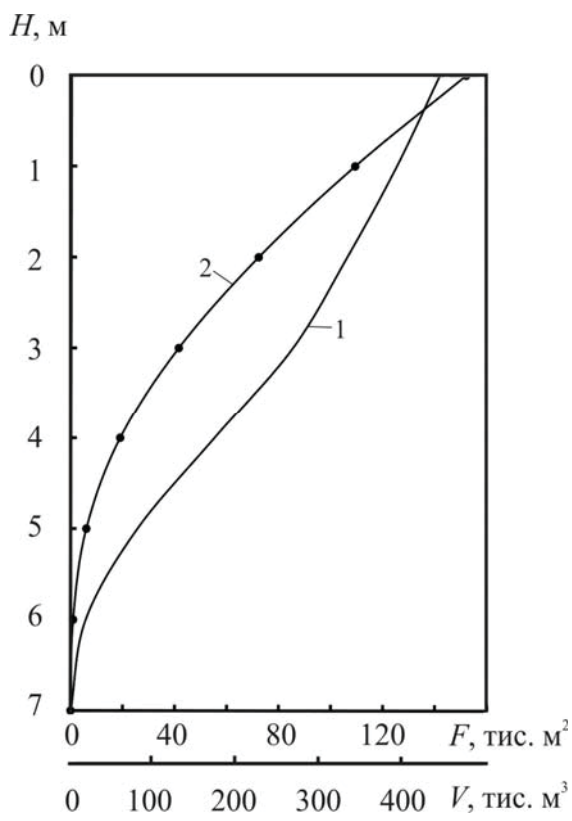


Рис. 3. Криві площ (1) та об'ємів (2) озера Райдужне

Довжина озера складає 1400 м, середня ширина 100 м, максимальна – 250 м. Середня глибина водойми – 3,3 м, найбільша – 7,3 м. Площа водної поверхні – 142 тис. м², об'єм – 474 тис. м³. В літературі є відомості про те,

що площа озера може сягати 162 тис. м² [10]. Мілководдя (глибиною до 2 м) займають 12% площі водойми.

В минулому водойма з'єднувалася з озером Малинівка меліоративним каналом [10]. Зараз він частково засипаний і замулений, на його місці сформувалися залишкові водойми (див. рис. 1).

Прибережна смуга оз. Райдужного використовується як зона відпочинку, частина її зайнята приватним житловим сектором.

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

Прибуткова частина водного балансу озера складається переважно з атмосферних опадів (W_{on}), надходження води з поверхневим ($W_{нов}$) та підземним ($W_{зр}$) стоком. До основних видаткових компонентів водного балансу відносяться випаровування ($W_{вип}$) з водної поверхні та фільтрація ($W_{ф}$) в береги та дно. Отже, рівняння водного балансу озера має вигляд:

$$W_{on} + W_{нов} + W_{зр} - W_{вип} - W_{ф} = \pm W_a, \quad (1)$$

де (W_a) - акумуляція води у водоймі в кінці розрахункового періоду (року).

В районі озера за рік випадає близько 645 мм атмосферних опадів [3]. 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. За рахунок атмосферних опадів в оз. Райдужне протягом року надходить в середньому 91,6 тис. м³ води.

Спостереження за випаровуванням з водної поверхні озера не проводилися, тому в роботі використано величини випаровування, наведені в літературі [3]. Взимку величина випаровування 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 оз. Райдужного 74,8 тис. м³ води за рік.

Поверхневий стік є несуттєвим, оскільки більша частина його водозбору озера зайнята житловим масивом, де поверхнева вода перехватується міськими колекторами.

Переважною складовою водного балансу озера є обмін водою з Дніпром шляхом фільтрації через підстилаючі піски. Фільтрація відбувається завдяки перепаду рівнів у водосховищі та озері, який спричинений короткочасними (внутрішньодобовими) та довготривалими (сезонними) коливаннями рівня води в водосховищі. Внутрішньодобові перепади, зумовлені нерівномірним режимом попусків Київської ГЕС, малі та нетривалі. Щодо сезонних коливань, то вони суттєво впливають на фільтрацію води між озером і водосховищем. Так, весняний підйом рівня води на київській ділянці Канівського водосховища триває 2-2,5 місяці. При найбільш вірогідних витратах води на цій ділянці в період водопілля (6500 м³/с) величина

підйому рівня у водосховищі поблизу оз. Райдужного сягає приблизно 2,5 м. Різниця рівнів, що виникає між водосховищем і озером, згідно з нашими розрахунками, обумовлює фільтрацію води через піски з водосховища в озеро зі швидкістю до 43 м за добу. Оскільки відстань від водосховища до озера не перевищує 1300 м, час добігання води через піски між водосховищем і озером складає 25-30 діб. Це означає, що весняний підйом рівня води у водосховищі обумовлює адекватний підйом рівня води в оз. Райдужному. Найбільш вірогідна величина такого підйому – 2,5 м.

Отже, за рахунок підземного притоку озеро у весняний період одержує в середньому біля 355 тис. м³ води. Зазначимо, що на фазі спаду водопілля, вода зворотним підземним потоком повертається у водосховище.

Таким чином, прибуткова частина водного балансу оз. Райдужного (сума опадів і притоку підземних вод) складає в середньому 447 тис. м³ на рік. Це обумовлює зовнішній водообмін, з коефіцієнтом водообміну 1,06 або періодом водообміну 12,9 місяців. Тому озеро Райдужне можна охарактеризувати як помірно проточну водойму. Для порівняння, на оз. Світязь період водообміну дорівнює 9 рокам, на оз. Люцимер – 6, на оз. Пулемцьке – 5 рокам [8]. Отже, проточність оз. Райдужного набагато більша, ніж природних Шацьких озер.

Функціонування екосистеми озера та формування якості води в ньому значною мірою залежать від динамічної активності водних мас, яка визначається в основному вітровими течіями. На рис. 4. наведено схеми течій, отримані шляхом математичного моделювання при середньому за швидкістю вітрі (3 м/с). Необхідно відмітити, що будь-які напрямки вітру зумовлюють досить активні циркуляції вод в озері. Вони формують інтенсивне горизонтальне переміщення водних мас водойми, а це сприяє вирівнюванню їх фізичних, хімічних та біологічних показників.

Результати моделювання показують, що форми циркуляції води в озері при меридіональних вітрах дуже схожі, але напрямок переміщення різний. Це стосується і широтних вітрів.

За довідковими даними [7], в районі м. Києва найбільшу ймовірність (30%) мають західні вітри. При таких вітрах циклональні та антициклональні вихори формуються у верхній, частково в центральній та нижній частинах озера (рис. 4, а). Найбільш потужний циклональний вихор виникає в південно-західній частині озера. Сумарна витрата цього потоку складає більше 3 м³/с. Середні по вертикалі швидкості течії в місцях скупчення ізоліній токів досягає 2,4 см/с. В північній та центральній частинах водойми середні по вертикалі швидкості течії коливаються від 1,7 до 2,1 см/с. Антициклональні вихори при західному вітрі формуються в північній, східній та південно-східній частинах озера. Витрати потоків досягають 2–2,2 м³/с. При східному вітрі форма циркуляцій аналогічна, але напрямок функцій токів протилежний (рис. 4, б).

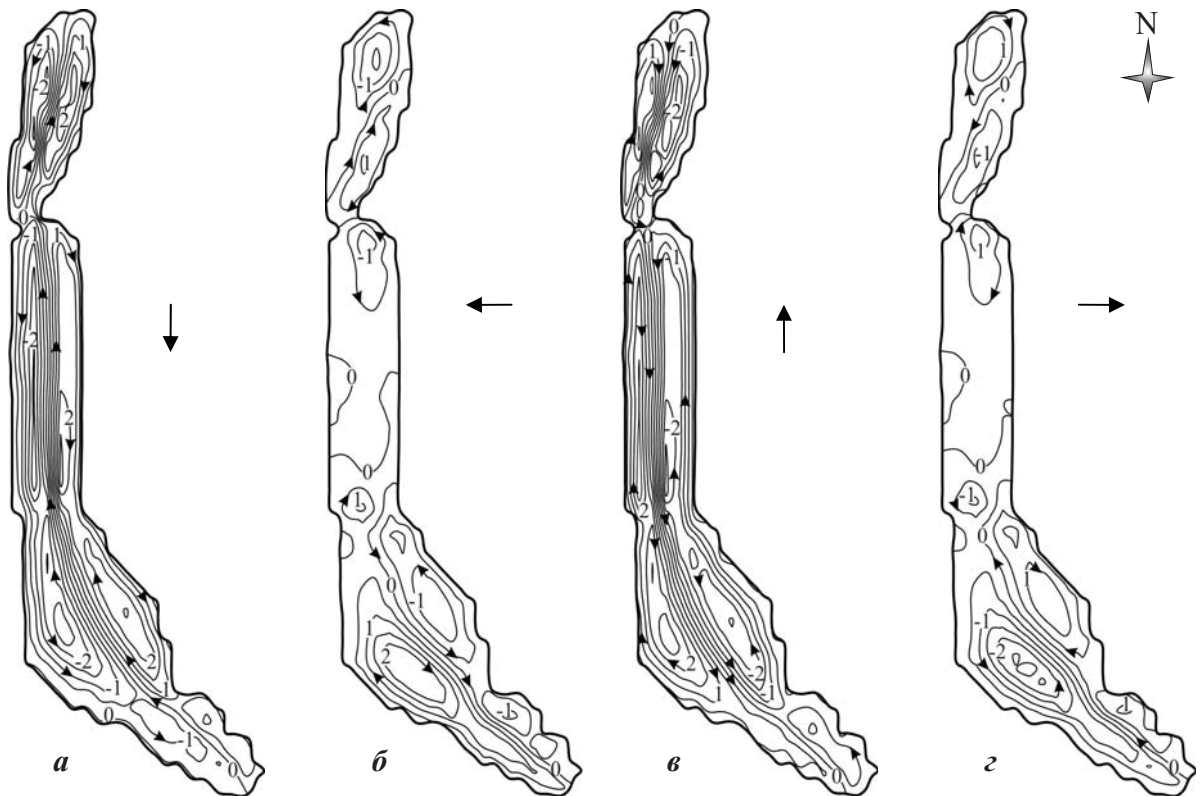


Рис. 4. Циркуляції вод (функції токів, $\text{м}^3/\text{с}$) в озері Райдульне при вітрі 3 м/с північного (а), східного (б), південного (в) та західного (з) напрямків

Характер циркуляції вод при північному та південному вітрах, повторюваність яких складає менше 29 %, 24 % відповідно, відмінні від характеру циркуляції при широтних вітрах. Розташування ліній функцій токів на схемі циркуляції при північному вітрі (рис. 4, а) практично співпадає з їх розташуванням при південному (рис. 4, в). Напрямки течій діаметрально протилежні, тому антициклональні вихори розміщуються у західних зонах вздовж всього озера, циклональні – у східних. При середньому вітрі 3 м/с по всій акваторії озера сумарна витрата потоку коливається від 1 до 3 $\text{м}^3/\text{с}$. Середні по вертикалі швидкості течії в місцях скупчення ізоліній функцій токів досягають 2,8 см/с.

Аналізуючи схеми циркуляції вод, можна зробити висновок, що центральна частина акваторії озера у вегетаційний період має вкрай низьку динамічну активність. При вітрах широтного напрямку тут практично не відбувається переміщення води, тому формується застійна зона.

Швидкість течії у водоймі має дуже важливе значення і є одним з основних факторів процесу самоочищення. Вона безпосередньо впливає на самоочищення озера шляхом активізації фізико-хімічних, мікробіологічних і гідробіологічних процесів, прискорює розбавлення, розпад та нейтралізацію забруднювальних речовин. Відомо [5], 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 відносну величину K_{∂}/K_{cm} [5], яка залежить від швидкості течії (v) і може розраховуватися наступним чином [12]:

$$K_{\partial}/K_{cm} = v/(0,0031 + 0,0348 \cdot v), \quad (2)$$

де: K_{cm} – коефіцієнт біохімічного окиснення речовин в нерухомому середовищі; K_{∂} – те ж в умовах переміщення водної маси.

При вітрах східного та західного напрямків середня швидкість течії в озері Райдужне складає 0,022 м/с. Така течія посилює самоочисний потенціал озера в 5,3 рази, а при північному та південному вітрах цей показник збільшується до 6,9 разів. З урахуванням вірогідності напрямків вітру динамічну складову самоочисного потенціалу озера Райдужне можна оцінити співвідношенням K_{∂}/K_{cm} , рівним 6,3.

Динамічну складову самоочисного потенціалу можна оцінювати не лише в цілому для водного об'єкту, але й для окремих ділянок. На рис. 5 наводиться районування озера Райдужне за співвідношенням K_{∂}/K_{cm} , з якого слідує, що центральна акваторія водойми при вітрах широтного напрямку має низьку самоочисну здатність, у порівнянні з прибережною смугою. При таких вітрових умовах відносний коефіцієнт K_{∂}/K_{cm} центральної водної акваторії лише в 2 рази перевищує статичний, а прибережної смуги – в 12 разів.

Важливими гідрофізичними характеристиками водних мас природних і антропогенно змінених водних об'єктів є температура та оптичні властивості водного середовища. Для оцінки температурних показників оз. Райдужного використано матеріали наших посезонних вимірювань 2010 року. У квітні температура в поверхневому шарі води складала 13,4°C, у серпні – коливалася від 25,7°C в центральній частині водойми до 28,4°C в прибережній. Матеріали зйомки дозволили побудувати повздовжній профіль розподілу температури по глибині (рис. 6).

Влітку в озері відмічається яскраво виражена температурна стратифікація – загальний градієнт температури води по глибині в серпні досягає 12–14°C (рис. 7). В цілому, озеро можна віднести до так званих екзогенних диміктичних водойм, оскільки щільну стратифікацію її вод формують два процеси – термодинамічний та надходження води ззовні.

Температурна стратифікація перешкоджає надходженню біогенних речовин з нижніх горизонтів у трофогенний шар, в результаті чого послаблюються фотосинтетичні процеси і лімітується продукування органічної речовини фітопланктоном. Вона ж обумовлює стратифікацію у воді розчиненого кисню.

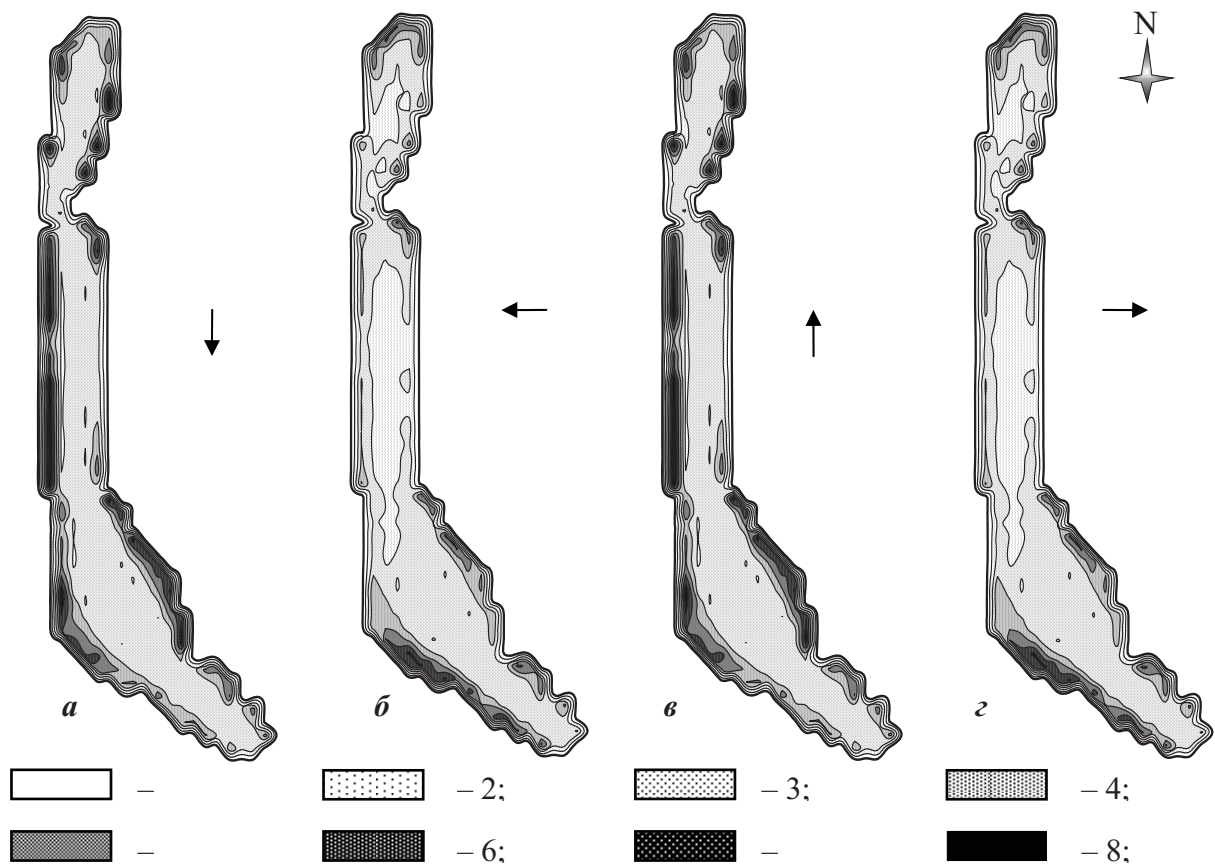


Рис. 5. Районування динамічної складової самоочисного потенціалу K_d/K_{cm} озера Райдужне при вітрі 3 м/с північного (а), східного (б), південного (в) та західного (г) напрямків. Позначення діапазону K_d/K_{cm} : 1 – 0-2; 2 – 2-4; 3 – 4-6; 4 – 6-8; 5 – 8-10; 6 – 10-12; 7 – 12-14; 8 – більше 14.

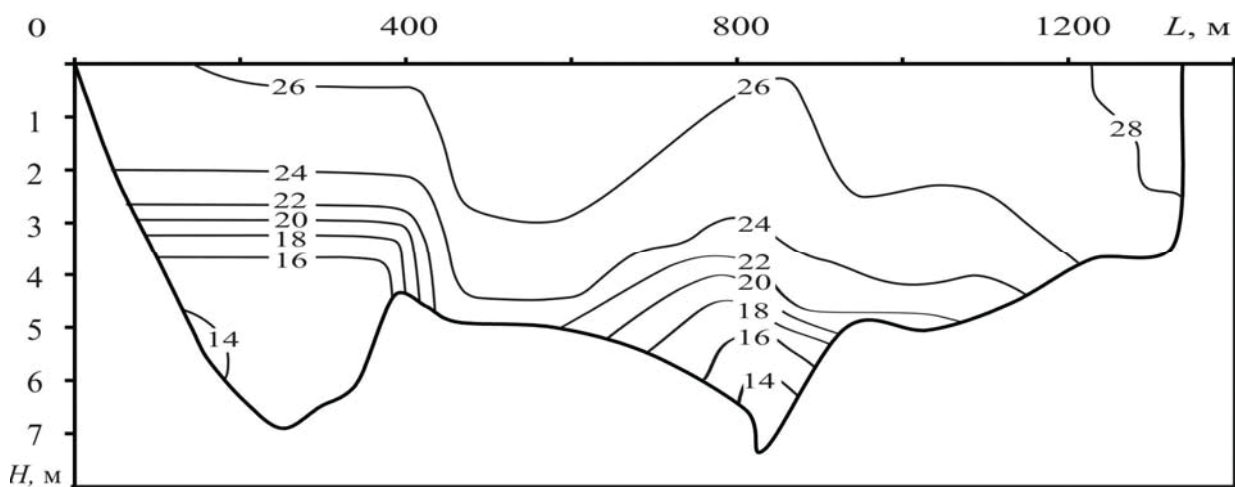


Рис. 6. Повздовжній профіль температур ($T, ^\circ\text{C}$) озера Райдужне 11 серпня 2010 року (L – відстань від північного до південного берега озера)

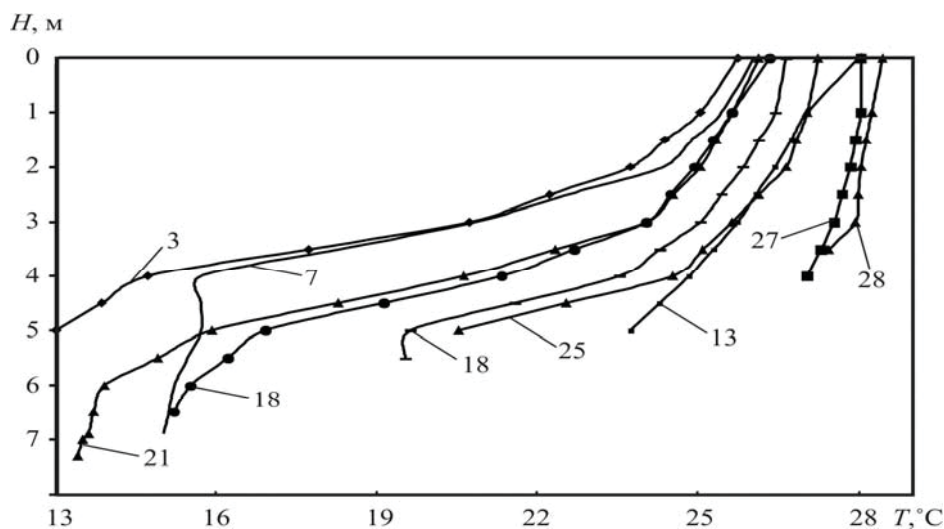


Рис. 7. Вертикальний розподіл температури води озера Райдужне 11 серпня 2010 року.

Цифри – номери станцій натурних спостережень (див. рис. 2)

Влітку 2010 року вміст розчиненого кисню у воді оз. Райдужного по глибині коливався в межах 0,61 - 6,94 мг/дм³ (рис. 8) або 6 - 87% насичення. В цілому нами спостерігалась картина зменшення концентрації O₂ по глибині.

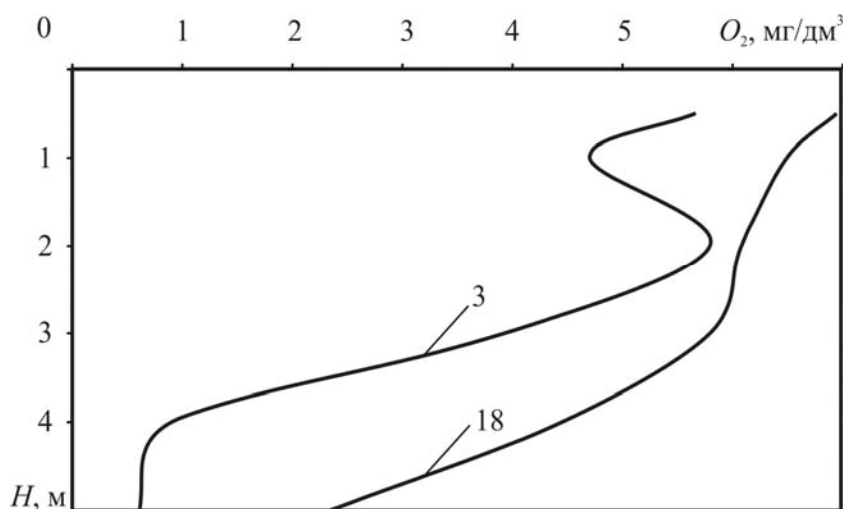


Рис. 8. Вертикальний розподіл розчиненого у воді кисню в оз. Райдужному 11 серпня 2010 року.

Цифри – номери станцій натурних спостережень (див. рис. 2)

Навесні вміст розчиненого кисню в поверхневому шарі води озера становив 9,64 мг/дм³.

За матеріалами досліджень у літню межінь 1998 та 2005 років [6] водневий показник (*pH*) в озері Райдужне становив 7,2 і 8,44 відповідно. Влітку 2010 року він складав 7,45. Це свідчить про те, що вода в озері є слабколужною.

В процесі літніх досліджень 2010 року на озері Райдужне було визначено прозорість води, яка досягала 0,7–0,75 м. Кольоровість води в цей період коливалась від XIV до XIII.

Висновки. Водний баланс та зовнішній водообмін є основними чинниками формування в озері Райдужному водних мас. Підземний притік – переважаюча складова водного балансу, оскільки озеро гідравлічно пов'язане з Дніпром. Чинником фільтрації є перепад рівнів у водосховищі. При середній по водності повені в озеро за рахунок фільтрації надходить 355 тис. м³ води. Всього з урахуванням опадів у водойму щорічно надходить 447 тис. м³ води. Це обумовлює зовнішній водообмін, який характеризується річним коефіцієнтом водообміну 1,06 або періодом водообміну 12,9 місяців. Отже, оз. Райдужне можна охарактеризувати як помірно проточну водойму.

Внутрішньоводоймова динаміка вод, від якої залежить інтенсивність фізичних, хімічних і біологічних процесів у водоймі, визначається вітровими течіями та молярним водообміном. За динамічних умов найбільш уразливою щодо антропогенного забруднення є центральна частина озера.

З урахуванням вірогідності напрямків вітру можна стверджувати, що динаміка водних мас посилює самоочисну здатність озера Райдужне в середньому 6,3 рази.

Вміст розчиненого кисню по глибині озера коливається в межах 0,61–6,94 мг/дм³ (6–87% насичення). Завдяки щільнісній стратифікації водної товщі та наявності температурного скачка, тепло- та масопереніс по вертикалі в озері в літній період уповільнений.

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 київських водойм / [Афанасьєва О.А., Багацька Т.С., Оляницька Л.Г. та ін.]. – К. : Фітосоціоцентр, 2010. – 256 с.
3. Клімат України / [В.М. Ліпінський, В.А. Дячук, В.М. Бабіченко та ін.] : за ред. В.М. Ліпінський, В.А. Дячук, В.М. Бабіченко. – К. : Вид-тво Раєвського, 2003. – 343 с.
4. *Оксиюк О. П.* Роль песчаного грунта в процессах самоочищения воды от органического вещества / Оксиюк О.П., Плазий Е.П., Меленчук Г.В. // Гидробиол. журн. – 2004. – Т. 40, № 1. – С. 63–73.
5. Охрана водных ресурсов. / [Бородавченко И.И., Зарубаев Н.В., Васильев Ю.С. и др.]. – М. : Колос, 1979. – 247 с.
6. Гідрохімічний режим деяких водойм міської зони Києва взимку та навесні 2002 р. / [Ю.М. Ситник, К.О. Івашкевич, Є. С. Князева, С. О. Лапова] // Екологічний стан водойм м. Києва. – К. : Фітосоціоцентр, 2005. – С. 13–29.
7. Справочник по гидравлике / Под ред. В.А. Большакова. – К. : Вища шк. Головное изд-во, 1984. – 343 с.
8. Экологические аспекты гидрологии Шацких озер / В. М. Тимченко, А. Е. Ярошевич, Ю. Л. Виденина, С. М. Безродная // Гидробиол. журн. – 1994. – 30, № 4. – С. 59–72.
9. *Тимченко В. М.* Экологическая гидрология водоемов Украины / В.М. Тимченко. – К. : Наук. думка, 2006.
10. *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.
11. *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.
12. Эколого-гидрологические исследования водоемов северо-западного Причерноморья / [В.М. Тимченко] ; НАН УССР. Ин-т гидробиологии. – К. : Наукова думка, 1990. – 237 с.

Еколого-гідрологічні показники озера Райдужне (Київ)

Дараган С. В.

Розглянуто водний баланс, зовнішній водообмін, внутрішньоводоймову динаміку, гідрофізичні характеристики водних мас озера Райдужне, та уточнено його морфометрію.

Ключові слова: *стратифікація; зовнішній водообмін; динаміка водних мас.*

Эколого-гидрологические показатели озера Радужное (Киев)

Дараган С.В.

Рассмотрены водный баланс, внешний водообмен, внутриводоемная динамика, гидрофизические характеристики водных масс озера Радужное, и уточнена его морфометрия.

Ключевые слова: *стратификация; внешний водообмен; динамика водных масс.*

The ecohydrology indexes of Lake Raiduzhne (Kyiv)

Daragan S.V.

Water balance, external exchange, dynamics and hydrophysical characteristics of water masses of Lake Raiduzhne have been examined, as well as its morphometry has been specified.

Keywords: *stratification, external exchange, dynamics of water masses.*

Надійшла до редколегії 10.04.11

УДК 556.18

Гребінь В.В., Колеснікова А.Г.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

СУЧАСНІ ЗМІНИ ОБСЯГІВ ТА СТРУКТУРИ ВОДОКОРИСТУВАННЯ В БАСЕЙНІ Р. СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ (В МЕЖАХ УКРАЇНИ)

Ключові слова: *басейн, водокористування, обсяг, структура*

Вступ. Басейн Сіверського Дінця – транскордонний водний об’єкт, розташований в Росії й Україні. Це найбільша річка на сході України і найбільша притока Дону. Площа басейну становить 98,8 тис.км², з яких 55 тис.км² або 55% розміщено в Україні. Загальна довжина річки 1053 км, з них в межах України – 700 км. Українська частина басейну Сіверського Дінця розміщена на території Харківської, Донецької і Луганської областей. В його межах розміщено повністю 31 та частково 11 адміністративних районів, 68 міст, 177 селищ і понад 2,2 тис. сіл, в яких проживає близько 6 млн. міських і понад 1,7 млн. сільських жителів [1].

Територія басейну Сів. Дінця є найбільш урбанізованим і індустріальним регіоном України з інтенсивним сільськогосподарським виробництвом. Тут функціонує близько 500 великих підприємств, у тому числі близько 100 водоемних і екологічно небезпечних хімічних і металургійних виробництв [2]. В структурі земельного фонду переважають сільськогосподарські угіддя, які

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т.2(23)