

УДК 504.4.062.2+574.52

І.В. ПАНАСЮК, А.І. ТОМІЛЬЦЕВА, Л.М. ЗУБ, В.В. СКІДАН

**МЕТОДОЛОГІЯ РОЗРОБКИ КОМПЛЕКСУ ЕКОЛОГО-ІНЖЕНЕРНИХ
КОМПЕНСАТОРНИХ ЗАХОДІВ ЗІ ЗМЕНШЕННЯ
АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ НА ВОДНІ ЕКОСИСТЕМИ
(на прикладі системи озер «Опечень», м. Київ)**

***Анотація.** Наведено методологію розробки комплексу еколого-інженерних компенсаторних заходів міських водних об'єктів системи «Опечень».*

***Ключові слова:** методологія, комплекс, компенсаторні заходи, водні об'єкти, система «Опечень».*

Вступ

Міські водойми системи озер «Опечень» в м. Києві на сьогодні частково або майже повністю трансформовані внаслідок діяльності людини, проте ще зберігають риси природних і мають важливе значення в підтриманні якості міського середовища та біотичного різноманіття у межах урболандшафту. Вони не тільки є улюбленими об'єктами рекреації городян, але й, час від часу, стихійної риболовлі.

Постає актуальна проблема щодо розробки комплексу еколого-інженерних заходів щодо зменшення антропогенного впливу на водні об'єкти. Для вирішення цієї важливої проблеми на основі оцінки сучасного екологічного стану на теоретичному та методичному рівнях потрібно обґрунтувати методологічні підходи щодо розробки еколого-інженерних компенсаторних заходів з мінімізації антропогенного впливу на гідроекосистеми. Такі заходи можливо здійснити у відповідності з «Методикою упорядкування водоохоронних зон річок України» [1]. Методика висвітлює системний підхід до упорядкування водоохоронних зон та прибережних захисних смуг згідно з чинним законодавством України [2].

Заходи з упорядкування залежать від рівня антропогенного забруднення міських водойм внаслідок забудови та стану прибережних смуг, що захарашені несанкціонованими звалищами побутових і будівельних відходів. До цього потрібно зважати на зростаюче нерегульоване антропогенне (техногенне та рекреаційне) навантаження, що є також однією з головних об'єктивних причин виникнення біологічного забруднення [3].

Мета цієї роботи – висвітлення методології розробки комплексу еколого-інженерних компенсаторних заходів і зменшення антропогенного впливу на водні систем модельних водних об'єктів м. Києва.

Об'єкти, предмет і методи дослідження

В якості модельних об'єктів для досліджень обрано систему озер «Опечень», а саме: Мінське, Лугове, Богатирське, Кирилівське, Йорданське та дві пограничні водойми Редькіне та Вербне.

Згідно з Рамковою Директивою ЄС з водної політики всі ці озера є істотно зміненими водними об'єктами. Зазначені міські водойми на сьогодні характеризуються хиткою біологічною рівновагою, а за певних умов антропогенної трансформації чи забруднення вони стають нездатними до самоочищення і перетворюються у водойми, небезпечні для здоров'я людини.

Внаслідок підсилення антропогенного навантаження в перспективі слід очікувати погіршення екологічної ситуації, навіть у відносно благополучних водоймах, що призведе до зменшення біорізноманіття на всіх рівнях, втрати продуктивних характеристик екосистеми і здатності до адекватного самоочищення.

Науковими дослідженнями у 2015–2016 рр. на основі аналізу фізико-географічних особливостей гідрологічної мережі, екологічного стану водних об'єктів м. Києва, типів антропогенних впливів на них отримано такі результати:

- обрано сім озер «Опечень» в якості модельних об'єктів для подальших екологічних досліджень;
- визначено методологічні підходи щодо наукових досліджень;
- оцінено основні типи антропогенних забруднень водойм;
- здійснено оцінку якості води гідрохімічними методами, та методами біоіндикації;
- здійснено санітарно-епідеміологічну оцінку якості води.

Щодо характеристики модельних об'єктів слід зазначити, що водойми системи «Опечень» розташовані в західній частині району Оболонь, передбачені для акумуляції дощового, талого та підземного стоку нагріної частини міста у процесі проходження високих паводків на р. Дніпро та служать для пониження рівня ґрунтових вод на прилеглої території [4]. Функцію заплавних водойм озера втратили, на сьогодні це каскад водойм кар'єрного типу, що фактично виконує роль колектора, який перехоплює поверхневий стік з площі 6,0 тис. га. Після проходження каскаду вода за обвідним каналом потрапляє через затоку Волковата до р. Дніпро. У середній частині обвідний канал має регулюючий затвір, що забезпечує стабільність коливань рівня води в озерах, особливо в період повеней. Водойми системи з'єднані перепускними трубами і є відкритими водостоками, що приймають дощові зливи води з трьох районів м. Києва – Подільського, Шевченківського, Оболонського, з водозабірних басейнів р. Сирець, струмків Коноплянка, Куриний брід, Реп'яхів Яр, Бабин Яр та інших.

Загальна площа водойм та територій каскаду озер системи «Опечень» становить 153,5 га.

Основні морфометричні параметри озер: довжина, ширина, глибина, площа водного дзеркала, об'єм водної маси наведено в таблиці.

Нині озера мають глибину до 15 м; площі водойм займають від 7,4 (оз. Мінське) до 45,0 га (оз. Редькине). Всі озера мають видовжену форму, завдовжки від 520 (оз. Пташине) до 1400 м (оз. Редькине); шириною – від 70 (оз. Опечень) до 250 м (оз. Богатирське та Йорданське) [5].

У більшості озер береги піщані, пологі (за виключенням правого берега оз. Йорданське, що був піднятий за рахунок будівництва шосейної дороги). Берегова лінія слабо звивиста, водойми малопроточні, мають приток поверхневих і ґрунтових вод, а також поповнюються водовпуском із озер, що

розташовані вище за каскадом. У випадку оз. Кирилівського приток води відбувається також із каналізованої р. Сирець. Стік здійснюється під час фільтрації в ложе та водотоком у нижнє озеро. Озеро Вербне – безстічне. Крупні озера (Редькино, Кирилівське, Йорданське) внаслідок розташування на відкритих ділянках відзначаються активним вітровим перемішуванням водних мас.

Таблиця – Деякі гідрографічні характеристики (морфометричні параметри) озер системи «Опечень»

Озеро	Ширина, м	Довжина, м	Площа, га	Середня глибина, м	Площа прибережної смуги, га
Мінське	72–86	862	7,4	12	
Опечень	70–120	1065	10,7	10	10,2
Пташине	60–80	125		7	
Андріївське	95–195	520	19,6	11	
Кирилівське	110–380	760	18,7	12	8,9
Йорданське	78–260	770	15,3	15	17,6
Редькіне	80–400	1400	40,8	8	
Вербне	60–240	1060	16,4	14	16,1

Усі водойми використовуються як декоративні, а також як водоприймачі поверхневих стоків. На озерах Вербне та Редькино облаштовано рекреаційні зони та міські пляжі.

Джерелами забруднення озер є поверхневий стік (у т. ч. і від розташованих поряд автострад та промислових об'єктів), а також р. Сирець, що приймає стічні води з ряду промислових підприємств. Усі забруднення надходять з ґрунтовими та зливовими водами від таких житлових масивів, як Мінський, Оболонь, Сирець, Куренівка.

На водоймах розташовано стихійні неорганізовані пляжі (Андріївське, Кирилівське, Йорданське), зазначено досить інтенсивне аматорське рибальство, зокрема, взимку. Більшість прибережних ділянок озер є селітебними.

Предметом досліджень є методологічні підходи до оцінки сучасного екологічного стану водойм для подальшої розробки комплексу компенсаторних заходів і зменшення антропогенного впливу на водні екосистеми.

Для оцінки екологічного стану модельних об'єктів застосовано натурні дослідження, хімічні та біологічні методи оцінки якості води на основі аналізу особливостей вищих водних рослин та забруднень водойм поверхневими джерелами. Натурні дослідження здійснювалися на репрезентативних ділянках (верхні, середні та нижні ділянки) у період максимальної вегетації рослинності.

Гідрохімічні дослідження води на вміст біогенних речовин здійснювалися колориметричним методом з використанням приладу DR/890 Colorimeter (проби відбирались протягом трьох років у літній період – липень-серпень). Загалом було обстежено зазначені водойми, відібрано серію гідрохімічних проб та проаналізовано їх на вміст азоту нітритного (NO_2^-), азоту нітратного (NO_3^-), азоту амонійного (NH_4^+), фосфору фосфатів (PO_4^{3-}). Відбір проб та визначення класів якості води здійснювались за загальноприйнятими

методиками [6, 7]. Отримані результати порівнювались з показниками гранично-допустимих концентрацій (далі ГДК) для водойм як рибогосподарського, так і господарсько-побутового призначення.

Оцінка якості води методами біоіндикації здійснювалась з використанням якісних особливостей угруповань вищих водних рослин (макрофітів) [8]. Гідроботанічні дослідження здійснювались з використанням традиційних методик [9]. Флору вищих водних рослин досліджували в об'ємі, прийнятому В.М. Катанською [10]: досліджувалися гідрофіти та гелофіти; види гідрофітів та гігро-мезофітів, що траплялися на межі водойм, не враховувалися. Екологічна типізація макрофітів здійснювалась за загальноприйнятими в гідроботаніці підходами [9]. Таксономічний склад визначали за традиційними визначниками з врахуванням останніх флористичних зведень [11].

Біоіндикація екологічного стану водойми за макрофітами здійснювалась шляхом оцінки:

- видового складу макрофітів водойми;
- чисельності (рясності) особин окремих видів;
- наявності окремих видів-індикаторів та індикаторних груп;
- структури рослинних угруповань (фітоценозів);
- екологічної структури заростей;
- просторового розподілу заростей у водоймі.

Результати досліджень та їх обговорення

За результатами досліджень визначено, що:

- найвищою якістю характеризувався оз. Редькине, де вода в екологічній класифікації належала II класу якості – «посередня» та характеризувалася як «слабко забруднена», β'' -мезосапробної зони;
- ступінь забруднення водойм визначав якісний склад вищих водних рослин у них. Усі водойми характеризувалися відносно збідненим видовим складом. Озера Лугове, Богатирське та Кирилівське характеризувалися мінімальною кількістю водних рослин;
- порівняння сучасного флористичного різноманіття макрофітів озер з таким 20-річної давності показав значну його трансформацію за рахунок зникнення видів-індикаторів води високої якості та появи чужорідних видів-оселенців, що є підтвердженням значної трансформації екосистеми;
- половину видового списку макрофітів, поширених на водоймах, складали представники водно-болотного комплексу – індикатори посилення антропогенної евтрофікації водойм;
- забруднення території водозбору водойм системи «Опечень» стаціонарними джерелами викидів пром підприємств не перевищують 1,0 ГДК за всіма інгредієнтами, так що їх можна вважати екологічно безпечними, проте забруднення системи озер, водний баланс яких у значній мірі визначає приток поверхневих вод, є критичним для Оболонського району. Щорічно в озера Мінське та Лугове сумарно скидається 3,83 млн м³/рік неочищених стічних вод, що майже в три рази перевищує об'єм самих водойм;
- найбільший внесок у забруднення озер здійснює територія житлової забудови. Внесок промисловості та вулично-дорожньої мережі значно менший.

За наведеними даними та враховуючи результати з якості води [12] за показниками мінералізації, вмістом біогенних речовин (сполук азоту, фосфору), виявлено ряд серйозних негативних наслідків, а саме: інтенсивний розвиток водоростей (синьо-зелених, нитчастих), дефіцит кисню в придонних шарах, зменшення прозорості води тощо.

Для поліпшення екологічного стану озер «Опечень», враховуючи результати натурних спостережень, розрахунків балансу біогенних елементів і залишкового біогенного навантаження [1], розробляється комплекс організаційно-господарських, інженерно-технічних, біотехнічних заходів. Організаційно-господарськими заходами передбачається визначення, відведення прибережних захисних смуг, де необхідно здійснити заходи щодо їх упорядкування. До складу інженерно-технічних заходів входять упорядкування поверхневого стоку та будівництва очисних споруд, що споруджуються в гирлах зливових колекторів. Тип очисних споруд залежить від витрат зливових стоків, мінімального часу відстоювання, їх компактності. Біотехнічні заходи спрямовані на запобігання надходженню залишкового біогенного навантаження у водні об'єкти. На основі величин залишкового біогенного навантаження та крутості схилу оцінюють «потужність» водоохоронних заходів. Згідно з «потужністю» (у балах) розробляють комплекс заходів для кожного виду джерела виносу біогенних елементів. У нашому випадку це заселені території біля системи озер «Опечень». Підбір зазначеного комплексу заходів спрямовується на запобігання надмірному рекреаційному антропогенному навантаженню шляхом відновлення природної самоочисної здатності гідроекосистеми та буферної ролі прибережних ландшафтів.

Висновки

1. Міські водойми системи озер «Опечень» в м. Києві на сьогодні частково або майже повністю трансформовані внаслідок діяльності людини, проте ще зберігають риси природних і мають важливе значення в підтриманні якості міського середовища та біотичного різноманіття у межах урболандшафту. Постає актуальна проблема щодо розробки комплексу еколого-інженерних заходів зі зменшення антропогенного впливу на водні об'єкти.

2. Усі водойми використовуються як декоративні, а також як водоприймачі поверхневих стоків. На озерах Вербне та Редькино облаштовано рекреаційні зони та міські пляжі. Джерелами забруднення озер є поверхневий стік (у т. ч. і від розташованих поряд автострад та промислових об'єктів), а також р. Сирець, що приймає стічні води з ряду промислових підприємств. Усі забруднення надходять з ґрунтовими та зливовими водами таких житлових масивів, як Мінський, Оболонь, Сирець, Куренівка.

3. Для оцінки екологічного стану модельних об'єктів застосовано натурні дослідження, хімічні та біологічні методи оцінки якості води на основі аналізу особливостей вищих водних рослин та забруднень водойм поверхневими джерелами.

4. Ступінь забруднення водойм визначав якісний склад вищих водних рослин у них. Усі водойми характеризувалися відносно збідненим видовим складом. Озера Лугове, Богатирське та Кирилівське характеризувалися мінімальною кількістю водних рослин. Порівняння сучасного флористичного різноманіття макрофітів озер з таким 20-річної давності показав значну його

трансформацію за рахунок зникнення видів-індикаторів води високої якості та появи чужорідних видів-оселенців, що є підтвердженням значної трансформації екосистеми.

5. Забруднення системи озер, водний баланс яких у значній мірі визначає приток поверхневих вод, є критичним для Оболонського району. Щорічно в озера Мінське та Лугове сумарно скидається 3,83 млн м³/рік неочищених стічних вод, що майже в три рази перевищує об'єм самих водойм.

Найбільший внесок у забруднення озер здійснює територія житлової забудови. Внесок промисловості та вулично-дорожньої мережі значно менший.

6. Для поліпшення екологічного стану озер «Опечень» розробляється комплекс організаційно-господарських, інженерно-технічних, біотехнічних заходів. Організаційно-господарськими заходами передбачається визначення, відведення прибережних захисних смуг, де необхідно здійснити заходи щодо їх упорядкування. До складу інженерно-технічних заходів входять упорядкування поверхневого стоку та будівництва очисних споруд, що споруджуються в гирлах зливових колекторів. Біотехнічні заходи спрямовані на запобігання надходженню залишкового біогенного навантаження у водні об'єкти.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Методика упорядкування водоохоронних зон України. УНДІВЕР: Держводгосп України К.: Оріяни, 2004. – 126 с.
2. Водний кодекс України від 06.06.1995. № 213/95 – ВР.
3. Введення в експлуатацію об'єктів соціальної сфери в Україні за 2005 рік. Експрес-доповідь Державного комітету статистики України 1 березня 2006 року № 64. Офіційний сайт Держкомстату України [Ел. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrStat.gov.ua/>.
4. Офіційний інтернет-портал Оболонської районної в м. Києві держ. адміністрації. Ел. ресурс: <http://obolon.kievcity.gov.ua/content/menyu-2.html>
5. Мельничук Г.В. Показники якості водного середовища водойм м. Києва навесні 2010 року / Г.В. Мельничук, С.В. Доаган // Науков. записки Терноп. нац. пед. ун-та. Серія Біоло. – 2010, № 2. – С. 350–353.
6. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В.Д. Романюк, В.М. Жукинський, О.П. Оксінок, А.В. Яцик та ін. – К : Символ-Т., 1998. – 28 с.
7. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. / под ред. к.б.н. В.А. Абакумова. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1983. – 239 с.
8. Мальцев В.І. Визначення якості води методами біоіндикації: науково-методичний посібник / В.І. Мальцев, Г.О. Карпова, Л.М. Зуб. – К.: НЦЕБМ НАН України, НЕЦУ, 2011. – 112 с.
9. Гидробиология. Методология, методы / Научные редакторы В.Г. Папченков, А.А. Бобров, А.В. Щербаков, Л.И. Лисицына – Рыбинск, 2003 – 188 с.
10. Катанская В.М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР / В.М. Катанская. – Л.: Наука, 1981. – 185 с.
11. Mosyakin S.L., Fedoronchuk M.M. Vascular plants of Ukraine: A Nomenclatural Checklist. – Kiev, 1999. – 346 p.
12. Панасюк І.В., Томільцева А.І., Зуб Л.М., Погорєлова Ю.В. Якість води у міських водоймах та характер освоєння водоохоронних зон (на прикладі озер системи «Опечень», м. Київ). // Збірник наукових праць «Екологічна безпека та природокористування». – 2015, вип. 20. – С. 63–69.

Стаття надійшла до редакції 05.10.2016