

УДК 502/504; 628.3

**ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА
ПРИ ОЧИСТЦІ ПОВЕРХНЕВОГО СТОКУ
З УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ**

*В. М. Удод, д-р біол. наук
(Київський національний університет
будівництва і архітектури)
Г. О. Діренко
(ТОВ НІЦ "Потенціал-4")*

В статті пропонується вдосконалення наукових основ і методів забезпечення екологічної безпеки навколишнього середовища при очищенні поверхневого стоку з урбанізованих територій.

Проведено аналіз впливу поверхневого стоку з урбанізованих територій на екологічну ситуацію в районі будівництва очисних споруд та сформульовано методологічні принципи та наукові закономірності мінімізації впливу і досягнення екологічно безпечного стану навколишнього середовища при їх експлуатації.

Вперше для м. Києва науково обґрунтовано та експериментально доведено необхідність комплексного вирішення проблеми очищення поверхневого стоку з урбанізованих територій з урахуванням даних формування, забруднення та особливостей дощових і талих вод

В статье предлагается совершенствование научных основ, технологий и методов обеспечения экологической безопасности окружающей среды при очистке поверхностного стока с урбанизированных территорий.

Проведен анализ влияния поверхностного стока с урбанизированных территорий на экологическую ситуацию в районе строитель-

© В. М. Удод, Г. О. Діренко, 2008

Розділ 2. Проблеми природокористування

ства очистных сооружений и сформулировано методологические принципы и научные закономерности минимизации влияния и достижения экологически безопасного состояния окружающей среды при их эксплуатации.

Впервые для г. Киева научно обоснована и экспериментально доведена необходимость комплексного решения проблемы очистки поверхностного стока с урбанизированных территорий с учетом данных формирования, загрязнения и особенностей дождевых и талых вод

The paper is directed on perfection of scientific bases, technologies and methods of providing of ecological safety of environment at cleaning of runoff stormwater from the urbanized territories.

The analysis of influence of superficial flow from the urbanized territories on ecological situation in the district of building of runoff stormwater treatment plants is conducted; methodological principles and scientific conformities of minimization of influence and achievement of ecologically state of environment for exploitations of runoff stormwater treatment plants are formulated.

First for Kiev scientifically grounded and experimentally proved the necessity of complex decision of problem of cleaning of runoff stormwater from the urbanized territories taking into account information of forming, contamination and particular features of rain and melted waters

Вступ. Сучасний стан соціально-економічного розвитку України із розвинутою індустріальною інфраструктурою характеризується загостренням екологічного стану навколишнього природного середовища. У зв'язку з цим гостро постає питання забезпечення соціально та екологічно збалансованого безпечного розвитку і функціонування природних та індустріальних екосистем за рахунок виключення потенційно значимих загроз для їх існування. У наш час найбільше відчувається вплив техногенного навантаження на урбоекосистеми.

Аналіз наукової літератури показує, що у XX—XXI ст. на інтенсивність використання природних ресурсів, на стан навколишнього природного середовища впливає дві групи факторів: науково-технічний прогрес та його прояв у виробничій діяльності людського суспільства; демографічні фактори. Ці 2 групи факторів, які є рушійними силами еволюції природи та суспільства, загострили протиріччя між людиною і природою. Взаємообумовленість двох груп факторів з урахуванням соціально-економічних відношень визначає ступінь впливу людського суспільства на

природні ресурси, інтенсивність їх кількісного та якісного виснаження, забруднення життєвого середовища людини промисловими, сільськогосподарськими та комунально-побутовими відходами.

Таким чином, виникає проблема регулювання обороту природних ресурсів, які залучаються, та очищення навколишнього середовища [1—3].

Серед факторів, які негативно впливають на стан урбанізованих територій і навколишнього середовища є забруднений поверхневий стік.

В завдання наших досліджень входило охарактеризувати вплив поверхневого стоку з урбанізованої території на навколишнє середовище та розробити природоохоронні заходи щодо його знешкодження (на прикладі м. Києва).

На сьогодні водойми і водотоки м. Києва перетворені у водні об'єкти переважно дощового живлення, тому якість їхніх вод значним чином залежить від якісного складу поверхневого стоку, який в достатній мірі не досліджений, мінливий, і за відсутності його очищення згодом може призвести до замулення і забруднення водних екосистем та до непередбачених санітарно-епідемічних та екологічних ситуацій [4].

Екологічна безпека міських територій може бути досягнута лише при комплексному вирішенні проблеми: від аналізу закономірностей утворення і забруднення поверхневого стоку до розробки на цій основі комплексних технологічних схем його очищення.

Першочерговим завданням було встановлення закономірностей динаміки формування поверхневого стоку для м. Києва за довгостроковий період (1871—2004 рр.), за даними Геофізичної центральної обсерваторії. На пріоритетному рівні запропонована наукова концепція змін витрат опадів за місяцями, сезонами, роками та періодами (табл. 1).

Аналіз отриманих результатів дає можливість зробити наступні висновки:

- відбувається постійне зростання середньої кількості опадів за рік на 8,1% (від 582,6 до 629,7 мм);
- різниця між максимальною і мінімальною кількістю опадів за період 1976—2004 рр. скоротилася на 57% (з 447,1 до 210,8 мм);
- середньорічна кількість опадів перевищувала регламентовану СНиП 2.01.01-82 “Строительная климатология и геофизика” [6] за різними періодами і градаціями на 15,6—37,9%;

Таблиця 1

Характеристика опадів у місті Києві за період 1871—2004 роки [5]

Показники	Періоди					
	1871—1916	1917—1946	1947—1975	1976—2004	1871—2004	
Мінімальна кількість опадів на рік, мм	404,6 (1909 р.)	416,9 (1945 р.)	395,6 (1975 р.)	537,1 (1983 р.)	395,6 (1975 р.)	395,6 (1975 р.)
Максимальна кількість опадів за рік, мм	851,7 (1906 р.)	924,9 (1933 р.)	902,4 (1970 р.)	747,9 (1980 р.)	924,9 (1933 р.)	924,9 (1933 р.)
Середня кількість опадів за рік, мм	582,6	621,1	622,1	629,7	609,9	609,9
в т.ч. за теплий період (квітень—жовтень), мм/% сер. на рік	$\frac{393,0}{67,5}$	$\frac{409,7}{66}$	$\frac{394,6}{63,4}$	$\frac{425,6}{67,6}$	$\frac{403,7}{66,2}$	$\frac{403,7}{66,2}$
Середня кількість діб з опадами за рік	-	166	157	150	158	158
в т.ч. за теплий період (квітень—жовтень), кількість /% сер. за рік	-	$\frac{85}{51,2}$	$\frac{79}{50,3}$	$\frac{80}{53,3}$	$\frac{81}{51,3}$	$\frac{81}{51,3}$
Кількість опадів, мм/рік	Кількість випадків (крім 1872, 1917, 1937, 1941, 1943, 1981, 1991 років)					
до 450	6	2	3	-	11	11
450—500	6	3	3	-	12	12
500—550	10	1	7	2	20	20
550—600	4	6	2	8	20	20
600—650	8	4	2	7	21	21

Закінчення табл. 1

Кількість опадів, мм/рік	Кількість випадків (крім 1872, 1917, 1937, 1941, 1943, 1981, 1991 років)					
	4	5	2	8	19	
650 — 700	4	5	2	8	19	
700 — 750	3	2	5	2	12	
750 — 800	1	1	1	-	3	
800 — 850	2	-	1	-	3	
850 — 900	1	1	2	-	4	
Більше 900	-	1	1	-	2	
До 685	38	21	18	21	98	
Більше 685	7	5	11	6	29	
Кількість опадів за місяцями, сезонами, періодами						
Зима, в т.ч.	108,7	120,3	136,1	117,5	119,1	
Грудень	43,6	43,2	49,0	41,5	44,2	
Січень	32,9	38,7	44,3	38,2	37,8	
Лютий	32,2	38,4	42,8	37,8	37,1	
Весна, в т.ч.	136,3	156,2	123,8	144,0	139,6	
Березень	40,9	41,0	36,8	37,9	39,4	
Квітень	45,2	53,0	35,6	52,1	46,3	
Травень	50,2	62,2	51,4	54,0	53,9	
Літо, в т.ч.	200,3	202,1	215,9	218,3	209,1	
Червень	74,1	69,1	62,9	81,0	72,0	
Липень	71,0	68,5	77,0	73,8	73,5	
Серпень	55,2	64,5	76,0	63,5	63,6	
Осінь, в т.ч.	137,4	142,5	143,6	146,9	142,0	
Вересень	48,4	47,9	44,6	60,2	50,1	
Жовтень	48,9	41,1	44,4	38,2	43,9	
Листопад	40,1	53,5	54,6	48,5	48,0	

- фіксується постійне зростання кількості опадів за сезонами літо і осінь, за літо випадало у середньому до 34,7% кількості опадів за рік (мм);
- визначено 5 основних типів ходу опадів для міста Києва за положенням періоду максимальної інтенсивності: до I типу віднесені дощі з максимумом інтенсивності на початку або в першій третині опадів (їх кількість складає 23% загальної кількості дощів); дощі II типу — з рівномірною інтенсивністю (7% загальної кількості дощів); до III типу віднесені дощі з максимумом інтенсивності в кінці дощу (17%); до IV типу віднесені дощі з максимумом інтенсивності всередині всього періоду випадіння (35%); до V типу віднесені дощі з двома максимумами інтенсивності — на початку і в кінці випадіння (18%).
- встановлені закономірності змін у кількості опадів повинні враховуватися при розрахунках об'ємів накопичувачів при очищенні поверхневого стоку м. Києва та дають можливість рекомендувати розробникам нормативних документів внести зміни у формули щодо визначення об'єму поверхневого стоку, що стікає з поверхонь водозбірних територій міст.

Наступним етапом комплексного вирішення проблеми знешкодження поверхневого стоку стало дослідження його забрудненості у різних районах м. Києва (статистично оброблено 282 проби) [5].

Проаналізовано показники якості води 69 водовипусків неочищеного поверхневого стоку (дошових та талих вод) у водойми м. Києва у 10 районах за 2004 р. (92 проби) та 2006 р. (126 проб). Всі проби відбиралися під час випадіння опадів або сніготанення, тому практично неможливим є здійснення відбору проби найбільш забрудненої порції дощу на водовипуску, яка, як правило, спостерігається у початковий момент надходження стоку. Максимальні концентрації забруднюючих речовин у відібраних пробах у 2004 році становили, мг/л: завислі речовини — 37,2, нафтопродукти — 0,42, ХСК — 44,2; у 2006 році: завислі речовини — 39,3, нафтопродукти — 0,734, ХСК — 68,0. Було проаналізовано забрудненість дошового (141 проба) та талого (77 проб) стоку. Виявлено, що забрудненість дошового та талого стоку суттєво не відрізняється, за винятком концентрації хлоридів, яка в талому стоці в середньому в 2,9 разів вища, ніж у дошовому (103,3 мг/л проти 36,0 мг/л). Це пояснюється обробкою доріг у зимовий період соляними сумішами.

Аналіз якості забрудненого поверхневого стоку, який поступає на існуючі очисні споруди в м. Києві (“Райдужний”, “Троєщина”, “Біличі”, “Теличка”, 63 проби), показав, що максимальні концентрації забруднюючих речовин становили: завислі речовини — 958,4 мг/л, ХСК — 85,36 мгО₂/л, нафтопродукти — 3,42 мг/л.

Встановлено, що концентрації забруднюючих речовин у поверхневому стоці, регламентовані ДСТУ 3013-95 “Гідросфера. Правила контролю за відведенням дощових і снігових стічних вод з територій міст і промислових підприємств” [7], значно завищені та потребують уточнення в сторону зменшення для м. Києва.

Авторами проаналізовано, що для міст України, і зокрема м. Києва, найбільш раціональним є впровадження децентралізованої роздільної системи відведення і очищення поверхневого стоку для окремих басейнів водозбору, що уможливить уникнути використання багатьох насосних станцій та обладнання, зменшити енергоємність, скоротити довжину каналізаційних мереж, що сприятиме їх меншому засміченню.

Аналіз існуючих технологій очищення поверхневого стоку показав, що існує необхідність у розробці комплексних технологічних схем його очищення, оскільки існуючі схеми характеризуються суттєвими недоліками:

- використання безреагентного тривалого відстоювання потребує значних вільних площ, які в умовах великого міста практично відсутні;
- впровадження схем, які передбачають використання сорбентів, для об’єктів великої потужності різко збільшує вартість обробки і повинно бути економічно і екологічно обґрунтовано, оскільки виробництво та регенерація сорбентів можуть вимагати значних витрат, в тому числі на утилізацію відпрацьованого матеріалу;
- екологічно недоцільним є використання фільтрів, які потребують промивки спеціальними реагентами.

Враховуючи проведений аналіз, для очищення поверхневого стоку запропоновано 2 типи очисних споруд [8, 9], визначальним критерієм вибору кожного виступає витрата забруднених вод.

Визначальними факторами для класифікації споруд на типи залежно від потужності стали:

- забезпечення екологічно безпечного стану навколишнього середовища в районі експлуатації споруд очищення поверхневого стоку;

- потреба у земельних ресурсах, що виступає одним із головних чинників в умовах цінності та наявності вільних площ на урбанізованих територіях;
- капітальні затрати на будівництво споруд та обладнання;
- експлуатаційні затрати, які включають вартість обслуговування, реагентів та утилізацію осадів.

Для об'єктів невеликої потужності (I тип споруд) найбільш економічно доцільним за капітальними та експлуатаційними затратами є будівництво очисних споруд заглибленого типу з використанням колодязів та резервуарів. Саме така схема розроблена для територій, високозабруднених нафтопродуктами та завислими речовинами (автозаправні станції, станції технічного обслуговування, паркінги автотранспорту). При цьому економічно недоцільним є впровадження очисних споруд з використанням електрообладнання та тих, які потребують присутності обслуговуючого персоналу. Це обумовлює практичну неможливість уникнення сорбційних методів очищення. Оскільки потужність очисних споруд невелика, економічно доцільним є періодична заміна сорбційного матеріалу та утилізація використаного. Технологічна схема споруд I типу передбачає:

1. Блок уловлювання піску та грубодисперсних домішок, облаштований напівзануреною перегородкою та нафтосорбційним боном з наповнювачем із гранульованого сорбенту та біопрепарату на основі торфу "Еконадин" для сорбції і біодеструкції плаваючих нафтопродуктів та масел.

2. Нафтосепаратор у складі седиментаційного відстійника, коалісцентної вставки для видалення нерозчинних речовин та емульгованих нафтопродуктів (на поверхні сорбуються плаваючим боном) та сорбційного фільтру для видалення розчинених нафтопродуктів.

3. Споруди доочищення води (біоплато або біореактор), залежно від вимог до якості очищених вод.

Перевагою таких очисних споруд є підземне виконання, компактне розміщення, порівняно невисока вартість та забезпечення необхідної ефективності очищення.

Для об'єктів великої потужності (II тип споруд) розроблена нова сучасна технологія, яка забезпечує: високу ефективність очищення; раціональне використання водних ресурсів шляхом

впровадження повторного використання очищених вод; утворення мінімальної кількості відходів, зокрема осаду, та можливість їхнього утилізації; попередження забруднення навколишнього природного середовища у випадку аварійних ситуацій; мінімізацію необхідної території під будівництво очисних споруд.

Споруди виконуються у вигляді каналізаційної насосної станції з вбудованим блоком очищення (КНС з ВБО), яка включає: акумулюючий резервуар з нафтосорбційним боном; блоки попереднього механічного (для видалення піску) і фізико-хімічного очищення (для видалення домішок II та III груп дисперсності, нафтопродуктами в стані емульсій), які складаються із гідроциклонів (або сепараторів піску) і установок “ФЛОКФІЛ” (у складі флотатора, відстійника, фільтра з модифікованим пінополістирольним завантаженням, аеробного стабілізатору осаду), а також блок механічного зневоднення осаду. При обґрунтуванні доцільності для знезараження очищених вод здійснюється використанням УФ-лампи. Доочищення вод здійснюється в біоплато.

За технологічною схемою II типу споруд можна здійснювати сумісне очищення поверхневого стоку та вод від миття транспорту. Для цього розраховується 2 накопичувачі забруднених вод: перший — для поверхневого стоку, другий — для вод від миття транспорту. Передбачається повторне використання очищених вод для миття транспорту, поливу, пожежогашіння та інше.

Споруди попереднього очищення забезпечують підготовку поверхневого стоку до доочищення від завислих речовин, розчинених органічних речовин (нафтопродуктів), а також біогенних елементів, що викликають евтрофікацію водойм, іммобілізовані мікроорганізмами-біодеструкторами, іншими гідробіонтами різних трофічних рівнів, зокрема вищими водними рослинами (комиш, очерет, рогіз), вологолюбними рослинами (верба і ін.). Доочищення дощових і талих вод відбувається в біоплато.

За участі Г. О. Діренко Науково-інженерним центром “Потенціал-4” запропоновані різні інженерно-біологічні споруди на основі закритого біоплато гідропонного типу. Особисто Г. О. Діренком розроблено новий тип конструкції біоплато та спосіб його роботи, які відрізняються від усіх зарубіжних та вітчизняних аналогів, що передбачають можливість роботи споруди в одному режимі фільтрації. Метою розробки нової конструкції стало досяг-

нення екологічно безпечного функціонування споруди, в тому числі в аварійних ситуаціях, та забезпечення можливості повного промивання і відновлення споруди після тривалої експлуатації для повернення її в робочий режим без порушення структури біоплато. Новий тип біоплато передбачає можливість роботи споруди у трьох режимах фільтрації.

Висновки. Запропонована програма досліджень базується на структурологічному проведенні робіт, що дало змогу:

- встановити наукові закономірності утворення поверхневого стоку та його забрудненість;
- запропонувати на цій основі комплексні технологічні схеми очищення поверхневого стоку залежно від його витрат та забрудненості, які впроваджені в м. Києві;
- розробити на пріоритетному рівні новий тип конструкції біоплато та спосіб його роботи, які забезпечують екологічно безпечне функціонування споруди, в тому числі в аварійних ситуаціях, та можливість повного промивання і відновлення споруди після тривалої експлуатації для повернення її в робочий режим без порушення структури біоплато;
- визначальними факторами при виборі технологічних схем очищення є: забезпечення екологічно безпечного стану навколишнього середовища в районі експлуатації споруд очищення поверхневого стоку; зменшення потреби у земельних ресурсах під будівництво очисних споруд; зменшення капітальних та експлуатаційних затрат.

Кінцевою метою природоохоронної діяльності є досягнення стану екологічно безпечного функціонування природних екосистем та урбоекосистем. В узагальненому вигляді висновки роботи можна викласти у вигляді структури банку еколого-економічної інформації у системі управління природоохоронною діяльністю в галузі очищення поверхневого стоку (рис. 1).

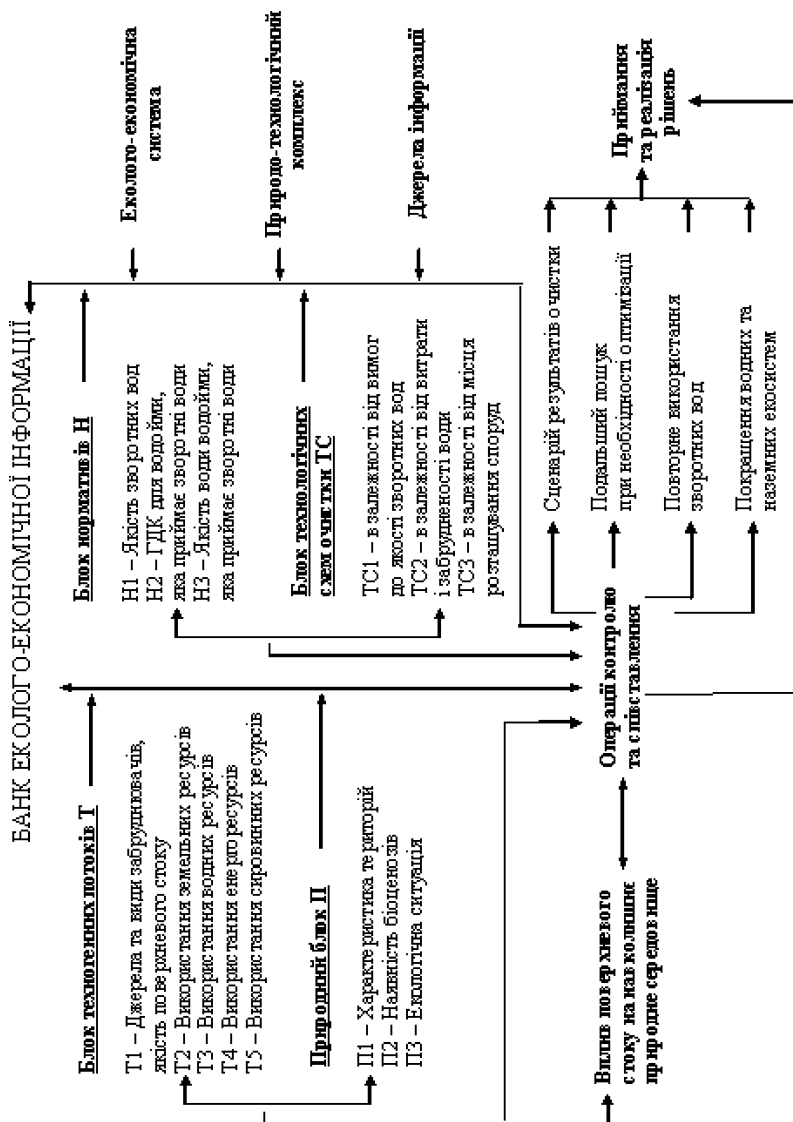


Рис. 1. Структура банку еколого-економічної інформації у системі управління природоохоронною діяльністю в галузі очищення поверхневого стоку.

* * *

1. Буравльов Є. П. Безпека навколишнього середовища. — К.: ІПНБ, 2004. — 320 с.
2. Удод В. М., Трофімович В. В., Волошкіна О. С., Трофимчук О. М. Техноекологія. — К., 2007. — 196 с.
3. Буравльов Є. П. Запобігання і нейтралізація реальних та потенційних загроз техносфері // Екологія і ресурси. — 2007. — Вип. 16. — С. 63—73.
4. Диренко Г. О. Характеристика поверхневого стоку з урбанізованих територій та його вплив на стан водних об'єктів і екологічну ситуацію // Екологія і ресурси. — 2007. — Вип. 16. — С. 73—79.
5. Диренко Г. О. Дослідження формування поверхневого стоку в м. Києві // Екологія і ресурси. — 2007. — Вип. 17. — С. 81—94.
6. СНиП 2.01.01-82. “Строительная климатология и геофизика”. Госстрой СССР. — Москва: Стройиздат, 1983.
7. ДСТУ 3013-95. Гідросфера. Правила контролю за відведенням дощових і снігових стічних вод з територій міст і промислових підприємств. — К.: Держстандарт України, 1995. — 14 с.
8. Диренко Г. О. Очистка поверхневого стоку з урбанізованих територій. — Труды науково-практичної конференції “Сучасні проблеми охорони довкілля, раціонального використання водних ресурсів та очистки природних і стічних вод”, 11—14 квітня 2006 р., м. Миргород. — С. 59—67.
9. Коцарь Е. М., Диренко А. А. Очистка загрязненных дождевых и талых вод // СОК (сантехника, отопление, кондиционирование). — 2005. — № 3(15). — С. 12—14.

Отримано 02.03.2008 р.