

МОНІТОРИНГ І СТАН ДОВКІЛЛЯ

УДК 556.551.3/.4 + 556.561.3/.4

В.І.Осадчий, Н.М.Осадча, Н.М.Мостова

ВПЛИВ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ НА ХІМІЧНИЙ СКЛАД ПОВЕРХНЕВИХ ВОД БАСЕЙНУ ДНІПРА

Шляхом складання балансів речовин на ділянках річок Десна, Ворскла, Рось, Тетерів, Псел, Хорол, Самара, Уж, Стир, Сула в районах розташування міст проведено кількісний аналіз впливу урбанізованих територій на хімічний склад поверхневих вод. Показано, що у воді досліджених річок найбільш істотно змінюється вміст біогенних елементів (фосфатних іонів та мінеральних форм азоту), які є основною складовою господарсько-побутових стоків. На мінералізацію та іонний склад води вплив стічних вод міст позначається у межах 10%.

Вступ

В Україні відзначається інтенсивний розвиток міських агломерацій, що супроводжується збільшенням частки міського населення та площі міст. Функціонування міських водогосподарських комплексів є важливим чинником впливу на кількісні та якісні показники водних ресурсів, роль якого невпинно буде зростати. Проте на даний час це питання мало досліджене, а стік розчинених речовин, що формується під впливом міст, кількісно не оцінений.

Розглядаючи трансформацію хімічного складу і якості поверхневих вод, як наслідок впливу міських агломерацій, доцільно говорити про сукупний вплив зосереджених та диференційних джерел забруднення. До перших відносяться промислові стічні води, відходи міського господарства, пов'язані із життєзабезпеченням міського населення, а до других – поверхневий стік з території міст і підприємств.

Промислові стічні води значно різняться за своїм хімічним складом, що залежить від галузі промисловості, а господарсько-побутові стічні

води, хоч і мають різні концентрації розчинених речовин, але склад їх приблизно однаковий [17, 18]. У стічних водах великих міст кількість завислих і розчинених речовин на одного мешканця залишається досить постійною – близько 100 г/добу. Склад господарсько-побутових стічних вод наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Середня кількість мінеральних і органічних речовин у господарсько-побутових стоках міст у розрахунку на одного мешканця [16]

Компонент	Г/добу
Азот амонійний	7 – 8
Хлоридні іони	8,5 – 9,0
Сульфатні іони	1,8 – 4,4
Фосфор мінеральний	1,5 – 1,8
Калій	3,0
Окиснюваність (за Кубелем)	5,0 – 7,0
БСК ₅	30 - 50
Завислі речовини	35 - 50

Загальний каналізаційний стік сучасних міст є, зазвичай, сумішшю господарсько-побутових і промислових стічних вод. Побутові стічні води, в яких промислові стоки відсутні взагалі або присутні в незначних кількостях зустрічаються лише в каналізаційній мережі малих населених пунктів чи невеликих міст. На цей час близько 24% каналізаційних мереж міст, у зв'язку з фінансовими труднощами, знаходяться в аварійному стані. І як наслідок – за рік у середньому трапляється дві аварії на 1 км мереж, що значно перевищує відповідний показник у країнах Європи. Тільки у 2000 р. сталися значні аварії на каналізаційних мережах міст Севастополя, Маріуполя, Полтави, Одеси, Чернігова, Херсона та у Криму [6]. Внаслідок випереджаючого будівництва житла, незбалансованого розвитку міських водогосподарських комплексів спостерігається диспропорція між потужностями систем водопостачання і очисних споруд каналізації, яка на середину 90-х років досягла 1 млн. м³/добу. Крім того, у більшості міст не вирішена проблема зливових стоків, які надходять безпосередньо у водойми і забруднюють їх нафтопродуктами, отрутохімікатами та іншими хімічними речовинами, що змиваються з

території міста. За інтенсивністю забруднення зливові води часто наближаються до господарсько-побутових.

Обсяг промислових стічних вод піддається певному регулюванню за рахунок зменшення водоемності виробництва і впровадження оборотної системи водопостачання. Так, наприклад, при переході теплової станції з прямоточної системи водопостачання на оборотну витрати води зменшуються у 13 разів. За даними [15] у м. Луцьку, у зв'язку із введенням в експлуатацію замкнених водогосподарських систем, починаючи з 1970 р., відзначається значне скорочення обсягів промислового водоспоживання.

Відходи міського господарства, пов'язані із життєзабезпеченням міського населення, та води поверхневого стоку вважаються мало регульованими, бо залежать відповідно від чисельності населення та площі міської території.

У цій роботі не розглядалися зміни водного балансу та гідрологічного режиму річок на території великих міст. Увага авторів була зосереджена на гідрохімічних аспектах впливу урбанізованих територій.

Матеріали та методи

Вплив міст на хімічний склад води річок басейну Дніпра визначали на основі результатів систематичних спостережень Державної гідрометслужби України. До цього часу для оцінки кількісних і якісних змін водних ресурсів під впливом урбанізованих територій немає надійних методів розрахунку, і, у більшості випадків, вона виконується шляхом порівняння хімічного складу води у створах вище і нижче міст. У цій роботі для кількісної оцінки використано балансовий метод розрахунку переносу речовин на ділянці річки в районі розташування міста. У найпростішому вигляді рівняння балансу має вигляд:

$$\Delta G = G_n - G_{\phi}, \quad (1)$$

де ΔG – кількісна оцінка впливу міста; G_{ϕ} – хімічний стік речовин, що надходять через верхній (фоновий) створ; G_n – хімічний стік речовин через нижній створ.

В якості фонового був вибраний створ, що знаходиться у безпосередній близькості, але вище міста, без наявності додаткового бокового припливу. В якості створу порівняння визначали створ,

розташований нижче міста, де спостерігається достатнє перемішування стічних і природних вод, а саме ступінь перемішування становить не менше 80 %.

У кожному із обраних створів обчислювали стік розчинених речовин за формулою: $R = W \times C$, де R – хімічний стік досліджуваної речовини; W – об'єм водного стоку; C – концентрація речовини.

Обчислення виконувались за методом прямого розрахунку для проміжку часу в рік. Як відомо, достовірність отриманих результатів хімічного стоку визначається, переважно, репрезентативністю гідрохімічних даних, повнотою рядів спостережень, похибкою визначення і осереднення концентрацій речовин [11]. Вихідні дані відповідали вимогам, встановленим у [3], що визначають необхідний мінімум кількості проб шістьма відборами на рік в основні фази гідрологічного режиму. Це пов'язане з тим, що умови формування хімічного складу води в річному циклі суттєво відрізняються і супроводжуються значними коливаннями концентрацій хімічних компонентів. У зв'язку з цим розрахунки проводили окремо для фази нестійкого гідрологічного режиму – водопілля, дощових паводків та для відносно стабільних періодів зимової та літньої межени. Величину водного стоку та концентрації хімічних компонентів визначали як середню арифметичну величину за розрахунковий період. Для біогенних і органічних речовин визначали середню арифметичну величину для перерізу річки [1]. Серед нафтопродуктів досліджували лише розчинені форми.

Стік хімічних речовин за рік отримували як суму результатів розрахунків за вказані періоди [12].

Розрахунки виконано для багатоводного 1998 р. (для річок Уж та Стир – 1999 р.).

Результати та їх обговорення

Дослідження проводились на середніх річках басейну Дніпра, на яких знаходяться міста з населенням не більше 500 тис. чол. Це обумовлено тим, що середні та малі річки найбільш вразливі до урбаністичного впливу за рахунок меншої самоочисної здатності порівняно із великими річковими системами.

Аналіз якості поверхневих вод України за останні 10 років свідчить про наявність стійкої тенденції до зменшення величини та темпів забруднення [7], що пов'язується із економічною кризою і значним скороченням промислового виробництва. Проведена інтегральна оцінка якості води басейну Дніпра за середньорічними значеннями хімічних показників висвітила певні позитивні зрушення (рис. 1).

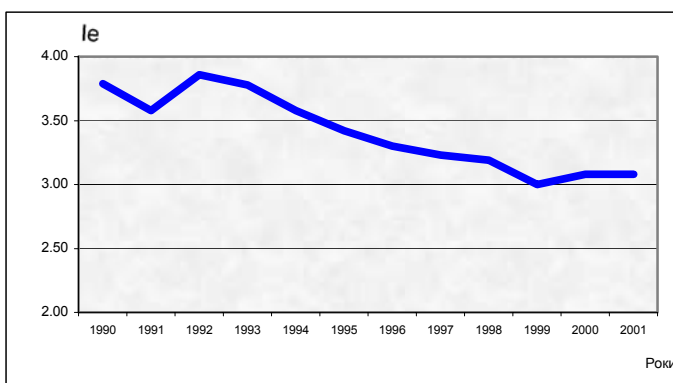


Рис. 1. Динаміка зміни інтегрального індексу якості поверхневих вод басейну Дніпра (за “Методикою екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями”, 1998 р.)

У той же час, результати оцінки якості води, що отримані за максимальними значеннями показників, значно відрізняються від розрахованих за середніми величинами у бік погіршення на 1 – 2 категорії. Це свідчить про те, що в річках в окремі періоди можуть скластись несприятливі умови значного коротко-термінового забруднення води. У воді приток екологічний індекс, як правило, значно перевищує величини, що характерні для головної річки.

У табл. 2–4 наведені результати виконаних балансових розрахунків, з яких видно, що міста справляють значний вплив на формування хімічного складу води досліджених річок.

Розраховані відносні величини приросту стоку розчинених речовин у створах нижче міст ($\Delta G/G_g \cdot 100\%$) показали, що ступінь впливу населених пунктів на різні групи компонентів істотно відрізняється. За ступенем впливу всі досліджені речовини умовно були поділені на 4 групи. До першої були віднесені показники, середній приріст стоку яких перевищив 100%. До неї увійшов лише один показник – мінеральний фосфор, середній приріст його стоку нижче міст становив 132%. До другої групи увійшли сполуки, середній приріст стоку яких нижче міст коливався у межах 30 – 100%. Це амонійний і нітритний азот (приріст стоку ~ 80%) та нітратний азот і залізо (приріст стоку відповідно 39,8% та 30,3%).

Таблиця 2

Хімічний баланс (ΔG) головних іонів ділянок річок у зоні впливу міст

Місто, річка	ΔG (тис. т/рік)						
	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	Σ_i
м.Чернігів, р.Десна	202,9	8,84	-18,80	41,20	18,30	21,16	276,6
м.Полтава, р.Ворскла	16,09	21,38	15,58	0,340	-1,27	22,34	74,36
м.Біла Церква, р.Рось	10,98	0,74	0,63	1,48	0,70	0,59	14,98
м.Житомир, р.Тетерів	30,37	1,47	13,37	2,43	0,79	9,72	44,22
м.Суми, р.Псел	33,38	0,61	-21,14	1,09	-0,15	-2,32	11,41
м.Миргород, р.Хорол	7,58	2,17	1,82	-0,64	-1,07	7,88	17,76
м.Новомосковськ, р.Самара	8,48	7,27	33,67	-2,91	17,71	-1,94	62,29
м.Коростень, р.Уж	0,14	0,29	1,27	0,11	0,54	0,47	2,96
м.Луцьк, р.Стир	2,73	3,77	1,41	1,48	3,23	5,24	11,13
м.Лубни, р.Сула	-0,57	20,81	9,65	4,07	-0,43	11,97	54,49

Таблиця 3

Хімічний баланс (ΔG) мінеральних форм азоту і фосфору ділянок річок у зоні впливу міст

Місто, річка	ΔG , тис. т/рік				
	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-	$\text{N}_{\text{мінер}}$	PO_4^{3-}
м.Чернігів, р.Десна	1,441	0,055	0,386	1,884	0,263
м.Полтава, р.Ворскла	0,022	-0,005	-0,009	0,008	0,103
м.Біла Церква, р.Рось	-0,007	0,001	0,029	0,023	0,024
м.Житомир, р.Тетерів	0,683	0,060	0,043	0,786	0,213
м.Суми, р.Псел	-0,067	-0,022	-0,028	-0,116	0,034
м.Миргород, р.Хорол	0,020	0,002	0,020	-0,103	0,022
м.Новомосковськ, р.Самара	0,085	0,014	-0,019	0,078	0,027
м.Коростень, р.Уж	0,022	0,012	-0,007	0,027	0,006
м.Луцьк, р.Стир	0,118	0,002	-0,009	0,114	0,029
м.Лубни, р.Сула	0,183	-0,011	-0,061	0,111	-0,017

До третьої групи увійшли компоненти з середнім приростом стоку 10 – 30%. Це феноли, хром та цинк (приріст стоку відповідно 21%, 17% та 10%).

Найменше вплив міст відчувається за такими показниками як мінералізація води, вміст міді і марганцю, СПАР та нафтопродукти. Приріст стоку зазначених показників нижче міст не перевищував 10%.

Таблиця 4

Хімічний баланс (ΔG) важких металів та органічних речовин ділянок річок у зоні впливу міст

Місто, річка	ΔG , тис.т/рік							
	Fe	Cu	Mn	Zn	Cr ⁶⁺	Фе-ноли	Наф-топр.	СПАР
м.Чернігів, р.Десна	-5,024	-0,020	-0,615	-0,869	0,011	-0,018	0,498	-0,239
м.Полтава, р.Ворскла	-0,277	-0,004	-	-0,004	-0,001	0	-	-
м.Біла Церква р.Рось	0,009	-0,001	0,001	0,012	-0,001	0	0	-0,006
м.Житомир, р.Тетерів	0,341	0,002	0,027	0,002	0	0,006	-0,363	0,07
м.Суми, р.Псел	-0,038	0,008	-0,085	0,001	-0,001	0,001	-	-
м.Миргород, р.Хорол	-0,037	-0,001	-	0,002	0,001	0	-	0,003
м.Новомосковськ р.Самара	-0,099	0,002	0	-0,081	0,001	0,001	0	0
м.Коростень, р.Уж	-	-	-	-	-	-0,001	-0,078	-0,003
м.Луцьк, р.Стир	-0,045	0,001	-0,031	0,002	-0,001	-0,0002	-0,002	0,031
м.Лубни, р.Сула	-0,081	0,003	-	-0,001	0,0004	0,001	-	-

Територіальний розподіл приросту стоку розчинених речовин нижче міст не носить закономірного характеру. Це пов'язано з тим, що склад міських стічних вод визначається не лише якістю річкових вод, а й складом промислових стічних вод, довжиною та експлуатаційним станом

каналізаційних мереж, харчовим раціоном населення, структурою використання міської території та ін. [16, 18].

Так, відносний приріст мінерального фосфору є найбільшим у воді р.Тетерів нижче м.Житомир, де він досягає 852% (рис.2).

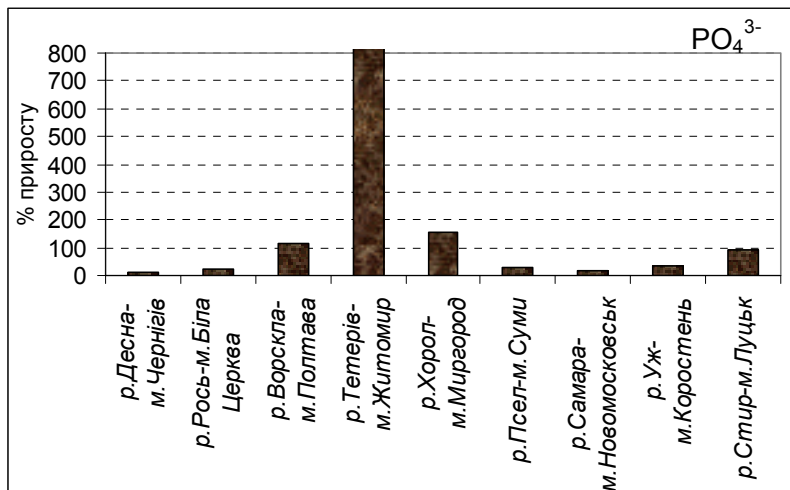


Рис. 2. Відносний приріст стоків фосфатних іонів нижче міст

Більше ніж удвоє зростає стік фосфатних іонів нижче міст Миргорода (р. Хорол), Полтави (р. Ворскла) та Луцька (р. Стир).

За показниками другої групи найбільшого впливу зазнає вода р.Тетерів нижче м. Житомира, де приріст стоків нітритних іонів склав 545% та р. Хорол нижче м. Миргорода, де

спостерігались максимальні величини приросту стоків амонійного та нітратного азоту і заліза – відповідно 250%, 333% та 58,7% (рис. 3). У той же час нижче міст Суми (р. Псел), Полтава (р. Ворскла) та Лубни (р.Сула) у 1998 р. відзначалось зменшення стоків нітритних іонів.

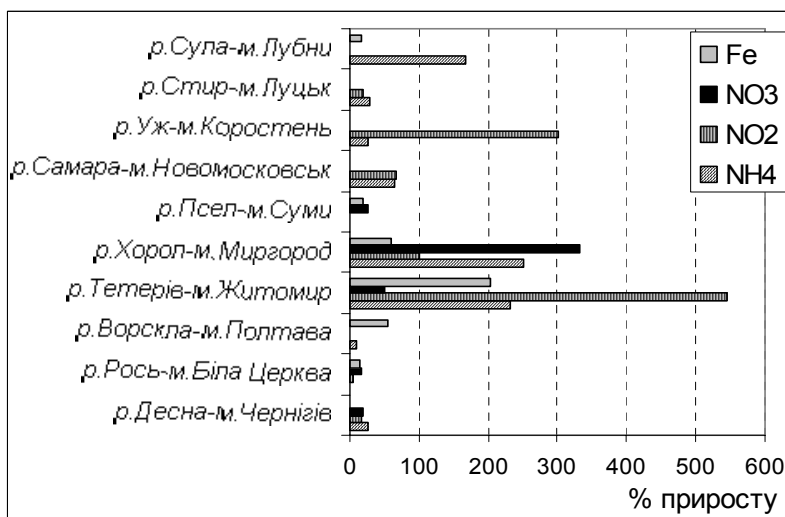


Рис. 3. Відносний приріст стоків мінеральних форм азоту та заліза нижче міст

За даними [5] тільки підприємствами легкої та текстильної промисловості з р.Тетерів забирається 1,446 млн. м³/рік води, і одночасно вони скидають 4,03 млн. м³/рік стічних вод різного рівня очистки.

Високий приріст стоків показників цієї групи в створах нижче міст пов'язаний з тим, що в структурі скидових вод значно зросла частка

господарсько-побутових вод, характерною особливістю яких є високий вміст мінеральних форм азоту, органічних речовин, бактеріальне забруднення та присутність патогенної мікрофлори. На думку Б. Скакальського надходження біогенних елементів зі стічними водами з урбанізованих територій є одним із найвпливовіших чинників антропогенного евтрофування водойм [8, 9]. У зв'язку з тим, що відходи міського господарства, пов'язані із життєзабезпеченням міського населення, вважаються мало регульованими, вплив цього чинника буде постійно збільшуватися із зростанням міст.

За показниками третьої групи найбільший вплив на водні екосистеми також справляють міста Житомир і Миргород (рис. 4).

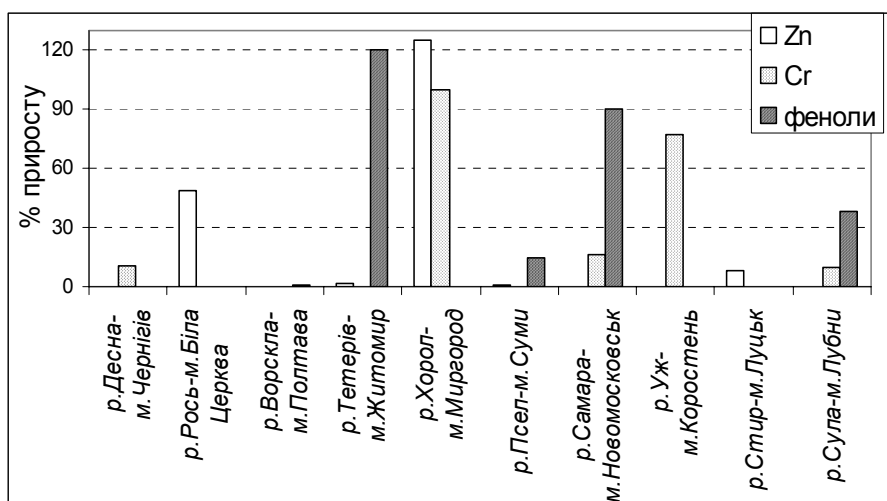


Рис. 4. Відносний приріст стоку цинку, хрому та фенолів нижче міст

Істотним є вплив м. Біла Церква на вміст цинку у воді р. Рось, м. Новомировськ на вміст фенолів у р. Самара та м. Коростень на вміст хрому (6+) у воді р. Уж. У ряді створів відзначалось зменшення стоку зазначених компонентів нижче міст.

За показниками четвертої групи найбільш значне забруднення поверхневих вод басейну Дніпра формується за рахунок сполук міді та марганцю (рис. 5).

Загалом серед досліджених населених пунктів найбільший вплив на хімічний склад поверхневих вод справляють міста Миргород та Житомир, нижче яких спостерігається максимальний приріст хімічного стоку відповідно для 7 та 6 розчинених у воді компонентів, що свідчить про незадовільне функціонування очисних споруд цих міст. Як видно з рис. 3–5 трансформація хімічного складу поверхневих вод нижче міст визначається різнонаправленими процесами.

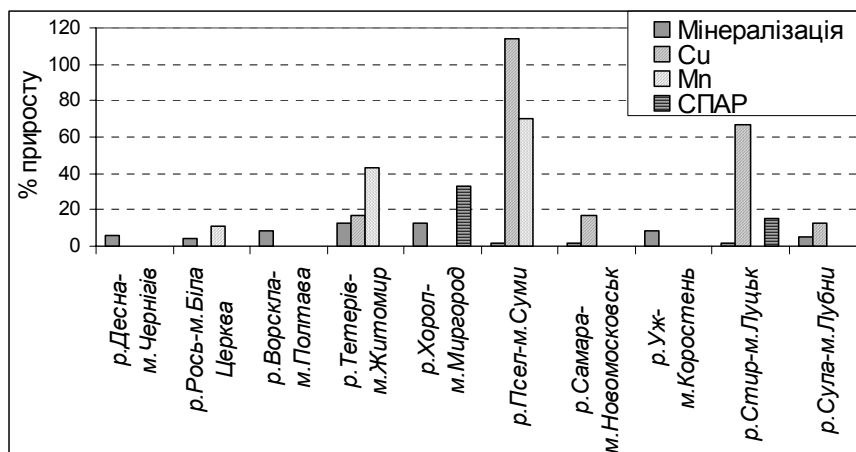


Рис. 5. Відносний приріст стоку головних іонів, міді, цинку та СПАР нижче міст

До головних із них слід віднести фізичні (гідрологічні) та фізико-хімічні (геохімічні) процеси. За здатністю брати участь у різноманітних геохімічних перетвореннях розчинені у воді компоненти поділяють на дві основні групи: консервативні та

неконсервативні [4]. До першої відносять компоненти, що не беруть участі у фізико-хімічних процесах і не впливають на баланс мас у гідрохімічній системі при конвективному переносі. Це показники з високим добутком розчинності сполук, який у реальних умовах формування поверхневих вод практично є недосяжним (Cl^- , Br^- , NO_3^- та ін.). До другої групи відносяться компоненти, що беруть активну участь у фізико-хімічних процесах природних вод. Це речовини з відносно малою розчинністю і високою здатністю до утворення твердої фази у конкретних гідрохімічних системах. Також до цієї групи варто віднести компоненти, що виявляють високу здатність до комплексоутворення та гідролізу; сорбції та іонного обміну, а також беруть участь у окислювально-відновлювальних процесах. Саме такі компоненти переважають у природних водах. У разі порушення фізико-хімічної рівноваги при надходженні додаткового забруднення гідрохімічна система за рахунок перерахованих процесів буде прямувати до її відновлення. Тобто будуть відбуватися процеси самоочищення, що приводять до зменшення концентрацій забруднюючих речовин, а при повному самоочищенні – до відновлення природного екологічного стану водного об'єкта. Для компонентів першої групи основним фактором самоочищення є гідродинамічні процеси. Крайнов С.Р. [4] запропонував вважати компоненти першої групи трасерами, що дозволяють оцінити роль процесів фізичного розведення стічних вод шляхом їх перемішування із більш чистими природними водами, незабрудненими водами приток та

грунтовими водами. Саме цим пояснюється від'ємний баланс для показників цієї групи (див. табл. 2, 3). Як відомо іони хлору, натрію і калію переважають у складі стічних вод [14]. Для головних іонів та мінералізації води, у більшості випадків, існує обернена залежність від витрат води. Встановлено, що така залежність у створах нижче і вище міст дещо відрізняється, а саме простежується більш тісний зв'язок нижче міст за рахунок згладжування випадкових коливань при рівномірному надходженні стічних вод та більш високе розташування кривої на графіку зв'язку. При визначенні ступеня впливу стічних вод істотну роль відіграє відносна частка іона у мінералізації води та співвідношення витрат річкових і стічних вод.

За даними [13] вплив скиду стічних вод на зв'язок мінералізації і іонного складу води спостерігається при співвідношенні витрат річкових і стічних вод менше 200 : 1. Враховуючи вищесказане, розглянемо трансформацію стоку іона хлору у воді річок. Як видно з табл. 2, серед досліджених річок у воді р. Десна нижче м. Чернігів та р. Псел нижче м. Суми спостерігалось зменшення стоку хлоридних іонів відповідно на 7,3% та 24,0%. Серед основних підприємств-забруднювачів у реєстрі Комітету з водного господарства у м. Чернігові значиться ДКП "Чернігівводоканал", а у м. Суми – ВО "Хімпром", СМВО ім. Фрунзе, АТ "Гумотехніка" та ДКП "Міськводоканал". Згаданими підприємствами у 1998 р. у р. Десну було скинуто 31,42 млн. м³ стічних вод, а у р. Псел – 34,3 млн. м³. Фактичне співвідношення річкових і стічних вод становило відповідно 475 : 1 та 24 : 1. Враховуючи високу кратність розведення стічних вод на ділянці річки в районі м. Чернігова варто було б очікувати відсутність будь-яких змін хімічного складу води р. Десни. Однак, за винятком хлоридних іонів, у створах нижче обох згаданих міст спостерігалось зростання загальної мінералізації води та вмісту головних іонів, що становило для м. Чернігова 3–10%, а для м. Суми – 2–15%. Вважаючи Cl⁻-іони трасером, був складений баланс маси цього іона на ділянках річок у районах досліджуваних міст (табл. 5). Це дозволило оцінити фактичну роль гідрологічних процесів в очищенні поверхневих вод.

Таблиця 5

Баланс маси хлоридних іонів на ділянках річок у районі міст

Створ – річка	Прихідна частина, тис. т/рік			Витратна частина G_n , тис. т/рік
	Приплив, G_v	Скид стічних вод	Всього	
м. Чернігів – р. Десна	254,7	2,374	257,074	235,9
м. Суми – р. Псел	86,74	2,058	88,798	65,6

Показовим є те, що стік хлоридних іонів у районах розташування міст переважно визначається їх надходженням із розташованих вище ділянок річок. Роль стічних вод у прихідній частині балансу Cl^- була незначною і становила біля 1% для р. Десна (м. Чернігів) і 3% для р. Псел (м. Суми). Фактичне розведення стічних вод за хлоридними іонами становило для м. Чернігова 103 і для м. Суми – 33 рази. У створах нижче міст співвідношення річкових і стічних вод було дещо меншим і відповідно складало 99 : 1 та 31,5 : 1. Це дозволяє припустити, що головні іони надходять у річки не лише зі стічними водами, а й за рахунок змиву з водозбірної площі басейну, території міста та з атмосферними опадами. За розрахунками [10] на 1 км² міської території з атмосферними опадами за рік надходить до 20–30 т розчинених речовин. Дані спостережень інших авторів також свідчать про високий рівень забруднення вод, що стікають з території міст [19]. Тому, навіть у разі повного припинення скидання стічних вод, забруднення річок буде продовжуватись за рахунок зливових (дощових, снігових) вод, а також стічних вод від поливання і миття міських територій. У зв'язку із тенденцією до зростання території міст, вплив цього чинника буде постійно збільшуватись.

Результати розрахунків, наведені у табл. 3, також свідчать, що для більшості міст характерний від'ємний баланс маси нітратного іона, який належить до консервативних компонентів і може бути використаний в якості трасера. Розрахований баланс його маси наведено в табл. 6.

Дані табл. 6 свідчать, що стічні води в прихідній частині балансу нітратних іонів відіграють значно більшу роль порівняно з іонами Cl^- . Для річок Самара і Уж надходження вказаного іона зі стічними водами склало близько 11% прихідної частини балансу, для річок Ворскла і Сула цей показник збільшився до 20%, а у воді річок Стир і Псел досяг відповідно

62% і 82%. Останні цифри свідчать про незадовільний рівень функціонування очисних споруд м. Луцька (р. Сула) та м. Суми (р. Псел). У той же час зростання стоку нітратних іонів нижче зазначених міст не спостерігалось, а, навпаки, відзначалось зменшення у 1,2 – 7,3 разу, найвірогідніше, за рахунок розведення більш чистими водами.

Таблиця 6

Баланс маси нітратних іонів на ділянках річок у районах міст

Створ – річка	Прихідна частина, т/рік			Витратна частина, G_n , т/рік	Співвідношення прихідної і витратної частин
	Приплив, G_v	Скид стічних вод, $G_{ст}$	Всього		
м. Полтава – р. Ворскла	203	73	276	194	1,4
м. Суми – р. Псел	107	472	579	79	7,3
м. Новомосковськ – р. Самара	332	45	377	313	1,2
м. Коростень – р. Уж	31	4	35	24	1,5
м. Луцьк – р. Стир	200	331	531	191	2,8
м. Лубни – р. Сула	185	47	232	124	1,9

Отже, стічні води відіграють значно більшу роль у формуванні стоку біогенних речовин, порівняно зі стоком головних іонів. Проте вони не є єдиним джерелом надходження у поверхневі води мінеральних форм азоту, про що свідчить зміна співвідношень між річковими і стічними водами вище і нижче міст. Крім того, облік скиду стічних вод є явно недосконалим. Так, є сумнівним, що, наприклад, у м. Чернігові єдиним підприємством, що скидає стічні води, є ДКП “Чернігівводоканал”. Отримані результати вказують на необхідність приділяти значно більшу увагу забрудненню, що спричинене дощовими, талими та стічними

водами від поливання і миття територій міст. До недавнього часу такі води вважалися умовно-чистими і, як правило, скидалися без очистки безпосередньо у водні об'єкти.

Що стосується показників техногенного характеру, які формуються за рахунок антропогенної діяльності, то приросту їх стоку нижче міст у більшості випадків не відмічено (див. табл. 4). Це обумовлено сукупною дією гідродинамічних та фізико-хімічних процесів і свідчить про те, що водні об'єкти, стосовно згаданих компонентів, не втратили своєї самоочисної здатності. Найбільший приріст заліза, марганцю, фенолів та СПАР спостерігається нижче м. Житомира (р. Тетерів). Місто Чернігів справляє найбільший вплив на вміст розчиненого хрому (6+) та нафтопродуктів у воді р. Десни. Максимальний приріст цинку виявлений і воді р. Рось нижче м. Біла Церква. Присутність у воді токсичних сполук органічної природи (феноли, СПАР, нафтопродукти) призводить до зниження вмісту розчиненого у воді кисню за рахунок його витрат на окиснення вказаних речовин. СПАР спричиняють утворення стійкої піни, яка погіршує аерацію води та гальмує процеси самоочищення. При певних концентраціях СПАР стимулюють розмноження сапрофітних бактерій, кишкової палички.

Зміни хімічного складу поверхневих вод у зоні впливу міст проявляються через зростання концентрацій розчинених речовин. Для прикладу розглянемо трансформацію хімічного складу води Десни в районі м. Чернігова. Водний стік р. Десни у 1998 р. був значним і становив 14935,2 млн. м³. У той же час комунальне підприємство “Чернігівводоканал” скинуло 31,42 млн. м³ стічних вод різного ступеня очистки. Не зважаючи на значне розведення стічних вод, у створі нижче м. Чернігова за біхроматною окиснюваністю виявлено більше ніж удвічі зростання вмісту органічних речовин (рис. 6).

Відновлення до фонового рівня органічного забруднення води спостерігається у створі 5 км нижче м. Чернігова. Це свідчить про інтенсивний перебіг процесів самоочищення води, серед яких для органічних речовин переважаючим є фотохімічне окиснення. З урахуванням швидкості течії річки відновлення фонових значень біхроматної окиснюваності можна очікувати через 2,5 години. Тобто, у складі органічних речовин переважають речовини з високим коефіцієнтом перетворення (K , доба⁻¹). Ці речовини складають групу біологічно “м'яких” органічних речовин з $K > 0,3$, до яких відносяться

білки, амінокислоти, спирти, полісахариди та редуковані сахари, пральні засоби [2].

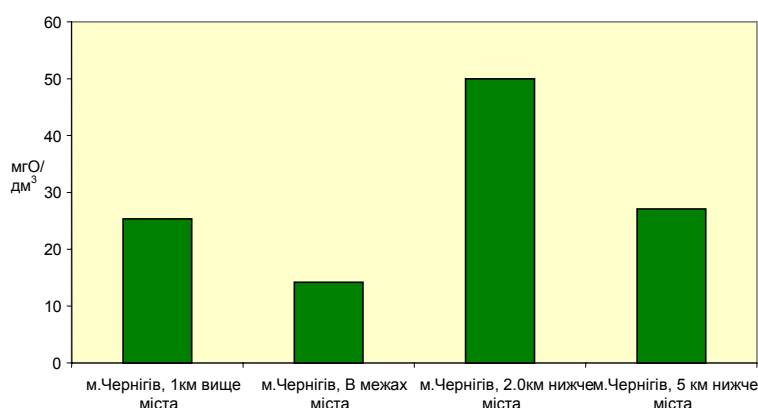


Рис. 6. Динаміка біхроматної окиснюваності води р. Десни вище і нижче м. Чернігова

Привертає увагу те, що відновлення фонових концентрацій амонійних іонів, як і окиснюваності води, спостерігається через досить

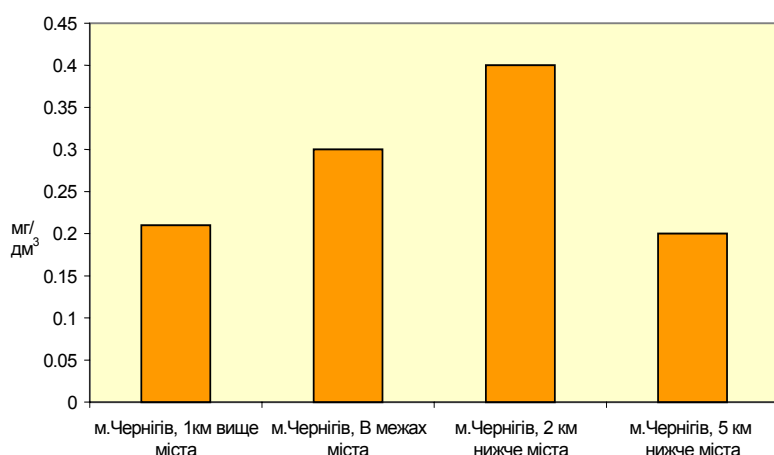


Рис. 7. Динаміка вмісту азоту амонійного (NH_4^+) у воді р. Десни вище і нижче м. Чернігова

короткий проміжок часу (~ 2,5 год.). Це свідчить про значний розвиток процесів нітрифікації, достатню кількість нітрифікуючих бактерій. У той же час процес очищення води від мінерального фосфору більш уповільнений, що спричинене іншими механізмами його перерозподілу. За останні 40 років у басейні Дніпра відзначалось поступове зростання вмісту фосфат-

Як видно з рис. 7 вміст іонів NH_4^+ та PO_4^{3-} нижче міста зростає на 40 – 45%. За даними Комітету з водного господарства зі стічними водами комунального підприємства м. Чернігова у Десну надійшло 0,338 тис. т амонійного азоту. При цьому зростання концентрацій NH_4^+ починається вже у межах міста (див. рис. 7).

них іонів у воді, у зв'язку з чим був зроблений висновок про глобальне евтрофування поверхневих вод басейну.

До найбільш суттєвих забруднювачів поверхневих вод у районах розташування великих міст належать СПАР і нафтопродукти (рис. 8). У 1998 р. зі стічними водами у Десну надійшло 1,414 т нафтопродуктів і 0,220 т СПАР. Зафіксоване зростання вмісту нафтопродуктів з 0,11 до 0,23 мг/дм³, найвірогідніше, було спричинене поверхневим зливом з міської території.

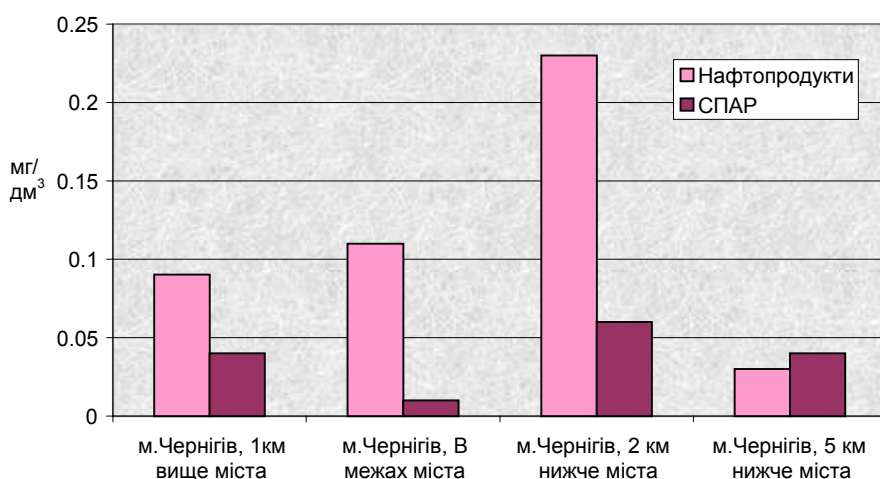


Рис. 8. Динаміка вмісту нафтопродуктів і СПАР у воді р. Десни вище і нижче м. Чернігова

Відновлення до фонових концентрацій нафтопродуктів та СПАР у воді р. Десни спостерігається вже при віддаленні на 5 км нижче Чернігова, що обумовлено процесами міжфазового перерозподілу та фізико-хімічного окиснення розчинених речовин.

Вплив стічних вод м. Чернігова на іонний склад води р. Десни в цілому незначний. У створі нижче міста величина мінералізації зростає в середньому на 20 мг/дм³. Це визначається збільшенням у воді концентрацій майже всіх головних іонів (крім Cl⁻). Привертає увагу також зростання у воді вмісту іонів кальцію та гідрокарбонатних іонів, що свідчить про те, що у воді р. Десни не досягнуто межі, яка визначається добутком розчинності слаботорозчинних сполук та не відбулося істотних зрушень карбонатно-кальцієвої рівноваги.

Отримані результати свідчать про тенденцію до збільшення концентрацій для цілого ряду гідрохімічних показників у воді Десни вже у створі в межах м. Чернігова, але найбільш суттєве зростання спостерігається на відстані 2 км нижче міста. Для таких компонентів як амонійний та нітратний азот, важкі метали, феноли, нафтопродукти спостерігалось перевищення ГДК. Це свідчить про антропогенне навантаження на водний об'єкт, що спричинене міською агломерацією.

Проте як видно з рис. 6–8, при просуванні вниз за течією на 5 км, значення концентрацій практично всіх зазначених показників знижуються до фонових. А отже, забруднення води р. Десни, спричинене стічними водами м. Чернігова, є локалізованим приблизно в межах 5 км, а екосистема річки не втратила здатності до самоочищення. Глибина екосистемних зрушень у межах впливу міста може бути охарактеризована за допомогою біотестування.

Відзначимо, що у цій роботі не бралась до уваги часова мінливість забрудненості поверхневих вод. Як відомо, розподіл водного стоку протягом року для річок гумідної зони вкрай нерівномірний. Переважна частина його формується в період весняного водопілля, а протягом тривалої межені витрати знижуються до мінімальних. Беручи до уваги, що надходження стічних вод протягом року залишається практично стабільним, можна зробити припущення, що під час водопілля антропогенний вплив буде мінімальним, а у межень його роль значно зросте. У зв'язку з цим було введено показник відносної тривалості стоку чистих і забруднених вод. Так у [8] показано, що споживачі води з р.Десни отримують воду із задовільними характеристиками за розчиненими органічними речовинами (РОР) трохи менше півроку. 60 – 75% загального об'єму водного стоку Десни забруднено РОР (за БСК₅), нафтопродуктами, фенолами.

Отримані дані свідчать про істотний вплив урбанізованих територій на хімічний склад поверхневих вод. Слід відзначити, що рівень забрудненості річок визначається не лише кількістю забруднюючих речовин, що надходять із стічними водами, а й водністю річки. Враховуючи це можна припустити, що найбільш несприятливим буде вплив міста розташованого у басейні малої річки у маловодний рік.

Висновки

Вплив урбанізованих територій являє собою складний процес, що обумовлений великою кількістю чинників, які різняться як за своєю природою так і за закономірностями впливу.

Отримані розрахункові дані дозволили виявити деякі особливості впливу міських територій на хімічний склад поверхневих вод у басейні Дніпра.

Найбільш істотно вплив міст проявляється стосовно біогенних показників. Відносний приріст стоку хімічних речовин нижче міст у

середньому становить 132% для $P_{\min}$; біля 80% – для амонійної і нітритної форм азоту та 40% – для азоту нітратного. Підвищення вмісту біогенних елементів переважно пов'язане зі специфічним складом господарсько-побутових вод та недостатнім ступенем очистки останніх стосовно азотних і фосфорних сполук.

Середній приріст стоку компонентів токсичної дії, таких як феноли та ряд важких металів (цинк, хром (6+), мідь), коливався у межах 10 – 30%.

Вміст головних іонів змінюється незначно. Середній приріст мінералізації води становить 6%.

У воді річок нижче міст зростають концентрації таких речовин як СПАР та нафтопродукти.

Розрахунки показали, що на урбанізованих територіях, крім промислових і господарсько-побутових стічних вод, наявні інші джерела надходження забруднюючих речовин у водні об'єкти – це зливові (дощові, талі) води та стічні води від поливання і миття міських територій. Роль цього чинника в забрудненні поверхневих вод басейну Дніпра є істотною і можна припустити, що в майбутньому вона буде постійно зростати зі збільшенням площі міст та їх благоустроєм.

* *

Путем составления балансов веществ на участках рек Десна, Ворскла, Рось, Тетерев, Псел, Хорол, Самара, Уж, Стырь, Сула в районах размещения городов количественно оценено влияние урбанизованных территорий на химический состав поверхностных вод. Показано, что в воде исследованных рек наиболее существенно изменяется содержание биогенных элементов (фосфатных ионов и минеральных форм азота), которые являются основной составляющей хозяйственно-бытовых стоков. На минерализацию и ионный состав воды влияние сточных вод городов проявляется в пределах 10%.

* *

1. Временные методические рекомендации по расчету выноса органических, биогенных веществ, пестицидов и микроэлементов речным стоком. - Л.: Гидрометеиздат, 1983. - 32 с.

2. *Зенин А.А., Сергеева О.В., Земченко Г.Н.* Коэффициенты превращения (распада) загрязняющих веществ в воде // Обзорная информация ВНИИГМИ-МДЦ. - Вып.1. - 1977. - 43 с.
3. *Коновалов Г.С., Коренева В.И., Коренев А.П. и др.* Методы исследования и расчета выноса микроэлементов речным стоком // Гидрохимические материалы. - Т.88. - 1983. - С. 3 – 10.
4. *Крайнов С.Р.* Геохимические модели прогноза формирования качества подземных вод (Обзор возможностей и ограничений) // Водные ресурсы. - Т.26, № 3.- 1999.- С. 322 – 334.
5. *Луцик Р.В., Онуфрієнко О.Л.* Аналіз водогосподарської діяльності підприємств легкої та текстильної промисловості у басейні Дніпра // Вопросы химии и химической технологии: Специальный выпуск, №5. - 2002. - С. 221-225.
6. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2000 році.-К.: Вид-во Раєвського, 2001. - 184 с.
7. *Осадча Н.М., Осадчий В.І.* Особливості формування хімічного складу поверхневих вод України у 2000 р. //Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. - Т. II.- К.: Ніка-Центр, 2001. - С. 379-389
8. *Скакальский Б.Г.* Антропогенные изменения химического состава воды и донных отложений в загрязняемых водных объектах. Автореф. дис. ... докт. географ. наук. - СПб, 1996. - 68 с.
9. *Скакальский Б.Г.* Влияние урбанизации на качество поверхностных вод // Качество вод и научные основы их охраны: Труды IV Всесоюз. гидролог. съезда.- Т.9.- Л.: Гидрометеиздат, 1976. - С. 119 – 125.
10. *Скакальский Б.Г.* Изменение качества речных вод на урбанизированной территории //Гидрологические аспекты урбанизации. - М.:Московский филиал Географ. об-ва СССР, 1978.- С. 71 – 78.
11. *Смирнов М.П., Тарасов М.Н., Крючков И.А.* Антропогенная составляющая речного стока органических веществ с территории СССР // Гидрохимические материалы. - Т.106. - 1989.- С. 65 – 81.
12. Справочник по гидрохимии / Под ред. *А.М.Никанорова.* -Л.: Гидрометеиздат, 1989.- 391 с.
13. *Фадеев В.В., Тарасов М.Н., Павелко В.Л.* Зависимость минерализации и ионного состава воды рек от их водного режима. - Л.: Гидрометеиздат, 1989.- 168 с.

14. *Фадеев В.В., Тарасов М.Н., Павелко В.Л.* Исследование взаимосвязи между минерализацией, ионным составом и водным режимом рек в условиях избыточного увлажнения // Гидрохимические материалы. – Т. 66, 1971. - С. 19-30.
15. *Фесюк В.О.* Водно-господарський комплекс Луцька – модель сучасного стану водокористування міст і його впливу на оточуюче середовище // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – Т.ІІ.- К.: Ніка-Центр, 2001. – С. 535-543.
16. *Хільчевський В.К.* Водопостачання і водовідведення. Гідроекологічні аспекти. - К.: Вид. центр “Київський ун-т”, 1999. - 316с.
17. *Хільчевський В.К.* Основні види господарської діяльності, які впливають на хімічний склад вод басейну верхнього Дніпра // Вісник Київського університету, 1986.- Вип.26. - С. 42 – 47.
18. *Waste management and the Environment* // Ed. by *D.Almorza, C.Brebbia, D.Sales, V.Popov.*- Southampton: WIT Press , 2002.- 788 p.
19. *Weibel S.R., Anderson R.I., Woodward R.L.* Urban Land Run-off as a Factor in stream Pollution // *J. of the Water Pollution Control Federation.* - 1984.- V.36, №7.- P. 914 – 924.