

ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВОГО СТОКУ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ЯКІСТЬ ВОДНИХ ДЖЕРЕЛ НА МІСЬКИХ ЛАНДШАФТАХ

У статті розглянуто вплив урбанізованого ландшафту міста на формування поверхневого стоку і його вплив на водні об'єкти. Наведені гідрохімічні показники якості поверхневого стоку з різних функціональних зон м. Житомир. Для оцінки забруднення поверхневого стоку були вибрані ряд характерних міських водозабірних районів міста: житлові райони, приватний сектор, складські та промислові ландшафти, автомагістралі. Дана оцінка виносу забруднюючих речовин, які потрапляють з поверхневим стоком в гідрографічну мережу.

Постановка проблеми

Басейни водних об'єктів на території міських піддаються підвищеним антропогенним навантаженням і міняються в якісному і кількісному відношенні. Природні й антропогенні ландшафти характеризуються єдністю структури, взаємозалежністю компонентів, тому зміна одних позначається на інших і загальному стані ландшафтів, а як наслідок – на умовах життєзабезпечення людини [1]. Результати вітчизняних і зарубіжних досліджень свідчать про те, що особливо сильно реагує на техногенне навантаження водний компонент ландшафтів [2–5]. Той факт, що забруднюючі речовини можуть виноситися у водні об'єкти поверхневим стоком з водозабірних територій, означає, що будь-яка діяльність людини на водозабірній річці створює передумови дифузного забруднення водного об'єкта.

Аналіз останніх досліджень

Виділення міських територій в особливий тип забруднюючих джерел обумовлено такими міркуваннями. По-перше, міста як території з великою щільністю населення, розвинутою промисловістю та інтенсивною господарською діяльністю, дають значний за обсягом навантаження на прилеглі водні об'єкти, причому, спектр забруднюючих речовин, як правило, є більш широким, ніж від територій не урбанізованих.

По-друге, для забудованих і упорядкованих територій міст характерна значна частка водонепроникної поверхні, що, в міру будівництва каналізаційних споруд, створює на них абсолютно особливі гідрологічні умови, головною рисою

яких є прискорене формування поверхневого стоку при випаданні дощів або у процесі танення снігу.

Нарешті, по-третє, водні об'єкти, що піддаються такому комплексному впливу, часто безпосередньо використовуються населенням цих міст у самих різних цілях – від водопостачання до рекреації, що, у разі небезпечного викиду забруднюючих речовин, може позначитися на здоров'ї відразу більшого числа людей. Цим і пояснюється пильна увага, яка приділяється вивченню поверхневого стоку з міських територій.

До основних забруднюючих компонентів дощових, талих і поливно-мийних вод відносяться: завислі речовини, органічні сполуки, що характеризуються узагальненими показниками БСК та ХСК; нафтопродукти; солі важких металів, біогенні елементи тощо .

Основними забруднюючими компонентами поверхневого стоку, що формується на урбанізованих територіях, є продукти ерозії ґрунту, які змиваються з газонів і відкритих ґрунтових поверхонь; побутове сміття, компоненти дорожніх покриттів і будівельних матеріалів, що зберігаються на відкритих складських майданчиках, які вимиваються, а також нафтопродукти, що потрапляють на поверхню водозабору в результаті несправності автотранспорту та іншої техніки.

Аналіз літературних даних показує, що роботи у цій сфері проводяться переважно на окремих об'єктах і не носять систематичного характеру.

Об'єкти та методика досліджень

Об'єктом досліджень є процес формування поверхневого стоку в міській зоні та містах концентрації стоку.

У роботі приведені результати досліджень з вивчення поверхневого стоку із території міста Житомир з 2007 по 2009 роки. За цей період було відібрано 73 проби поверхневого стоку, з них 24 – у 2007, 23 – 2007, 9 – 2008, 17 – 2009 роках. Відбір проб поверхневого стоку ми проводили в характерних водозабірних точках у місцях випуску води у водні об'єкти.

Дослідження проб проводилися атестованою лабораторією міської санстанції. Визначення концентрації забруднюючих речовин аналізувалися такими методами:

- завислі речовини (КНД 211.1.4.039-95 гравіметричний метод);
- ХСК (КНД 211.1.4.020-95 окислення біхроматом калію);
- БСК₅ (КНД 211.1.4.024-95 титрометричний метод);
- нафтопродукти (РД 52.24.476-2007 спектрофотометричний в інфрачервоній області спектру);
- азот (КНД 211.1.4.030-95 фотометричний метод з реактивом Неслера);
- залізо загальне (МВВ 081/12-0175-05 фотоколориметричний метод з роданідом);

Для оцінки впливу поверхневого стоку річок були відібрані малі стокові водозабори. На них відбувалися систематичні гідрологічні та гідрохімічні спостереження.

Перший малий стоковий водозабір – по вулиці Маликова. Загальна площа складає 17,2 га. Він представляє собою водозабір зі зоною багатоповерхових забудов та інтенсивним рухом транспорту.

Другий та третій водозабори знаходяться по вулиці Слобідській, з переважанням багатоповерхових забудов з приватним сектором. Площа водозаборів складала, відповідно, 2,5 га та 1,2 га.

Четвертий водозабір представляє собою територію промислової зони з інтенсивним рухом транспорту (вул. Робітничка). Площа водозабору складала 6,7 га. Для всіх малих стокових водозаборів розраховувався коефіцієнт стоку в весняний та теплий періоди.

Проби поверхневого стоку відбиралися шляхом аналізу дощової та талої води. Відбір проб відбувався порційно. Для отримання детальної інформації про склад поверхневого стоку визначався аналіз кожної відібраної проби. Для дощових вод інтервал між відбором проб від початку дощу дорівнює 5–10 хвилин, а в наступний період – 20–30 хвилин. Орієнтовні дані про склад дощових вод отримувалися шляхом аналізу середніх проб за період дощу. При цьому проби відбиралися через рівні проміжки часу, а об'єм відібраних проб був пропорційно рівний витраті дощових вод. Для талих вод проби відбираються у дні сніготанення між 12 і 14 годинами з інтервалом в 30 хвилин. Результати контролю використовують для оцінки виносу забруднених речовин з поверхневим стоком.

Результати досліджень

Проаналізувавши отримані нами дані на урбанізованих водозаборах, можна зробити ряд важливих висновків.

У стоці з різних елементів міської території характерне переважання амонійної форми азоту, що вказує на слабе протікання окислювальних процесів. Найбільша концентрація мінерального азоту (суми його трьох форм) відзначається у стоці з території багатоповерхових забудов.

Одним із джерел надходження розчиненого фосфору в природні води є стік з міської території, де переважає його мінеральна форма. Формування загального фосфору на міській території у визначальній мірі залежить від щільності населення й інтенсивності автомобільного руху. Концентрація розчинних фосфатів у поверхневому стоці коливається межах від 0,18 до 0,45 мг/л на водозаборі № 4. Кисневий режим у весняному поверхневому стоці в досліджувальних територіях в цілому задовільний, незважаючи на значний вміст органічних і неорганічних домішок.

Таблиця 1. *Середні концентрації забруднюючих речовин в талих водах за 2007–2009рр. (мг/л.)*

Точки відбору	Водозабір №1	Водозабір №2	Водозабір №3	Водозабір №4	ГДК
Азот амонійний	0,80	1,45	1,37	1,90	0,39
Азот нітритний	0,03	0,04	0,42	0,90	0,08
Азот нітратний	0,33	0,23	0,25	0,37	40
Фосфор	0,18	0,33	0,32	0,45	0,5
БПК ₅	6,83	3,35	3,70	14,0	6,0
Залізо	1,50	1,20	1,17	2,60	0,3
Цинк	0,12	0,12	0,09	0,13	0,05
Мідь	0,02	0,02	0,01	0,09	0,1
ХСК	68,7	74,0	65,6	98,7	30
Зважені речовини	95,0	68,0	54,0	68,3	10
Нафтопродукти	1,60	1,00	0,90	4,20	0,3

Найбільші концентрації нафтопродуктів спостерігаються у стоці з територій водозаборів № 1 та № 4. Це пояснюється переважанням багатоповерхових забудов великою площею твердих покриттів, інтенсивним рухом автотранспорту і акумуляцією нафтопродуктів у сніговому покриві. Якісний склад поверхневого стоку, який утворюється на цих територіях, також залежить від стану дорожнього полотна.

Значних величин досягає стік зважених речовин з урбанізованих територій. Кількість зважених речовин коливається в середньому від 55 мг/л до 95 мг/л. Це пояснюється з одного боку, великою величиною стоку, а з іншого – значно більшою ерозійною піддатливістю культурного шару ґрунтів у міських ландшафтах.

Найбільший внесок у збільшення кількості зважених часток у талих водах приносить сучасне ведення житлово-комунального господарства. За даними наших вимірів, у талих водах, що утворюються на території урбанізованих зон, вміст завислих часток досягає 220 мг / л.

Другий пік збільшення концентрації забруднюючих речовин, що надходять з поверхневим стоком з урбанізованих територій м. Житомир, припадає на період формування дощового зливого стоку в теплий період року таблиця (2).

Таблиця 2. *Середні концентрації забруднюючих речовин в дощових водах за 2007–2009рр (мг/л.)*

Точки відбору	Водозабір № 1	Водозабір № 2	Водозабір № 3	Водозабір № 4	ГДК
Азот амонійний	0,60	0,80	0,68	1,20	0,39

Азот нітритний	0,23	0,02	0,07	0,90	0,08
Азот нітратний	1,40	1,45	1,34	1,70	40
Фосфор	0,37	0,19	0,24	0,45	0,5
БПК ₅	10,80	14,20	13,70	27,80	6,0
Залізо	0,80	1,10	1,10	1,54	0,3
Цинк	0,15	0,22	0,09	0,35	0,05
Мідь	0,01	0,05	0,07	0,09	0,1
ХСК	45,7	55,7	34,6	67,7	30
Зважені речовини.	35,6	25,4	45,6	56,7	10
Нафтопродукти	0,23	0,56	0,60	1,45	0,3

Отримані нами результати показали, що при випадінні короткочасних, інтенсивних зливових дощів концентрації розчинених речовин зростають в кілька разів у порівнянні з річковими водами. Особливо високі концентрації сполук азоту, нафтопродуктів, які перевищують ГДК.

Для «вимивання» забруднюючих речовин із ґрунту, дорожнього полотна, з дахів будівель і змиву з газонів достатньо 10–15 хвилин інтенсивного випадіння атмосферних опадів.

Вміст розчинених речовин у зливових стоках із урбанізованих територій поступається вмісту в талому сніговому стоці. Пояснюється це тим, що у зимовий період відбувається накопичення хімічних елементів протягом більш тривалого часу. Влітку ж, під час випадання злив, відбувається періодичний змив їх з водозабору. Чим частіше спостерігаються інтенсивні зливи, тим менше концентрації розчинених речовин у зливових стоках.

У зливових стоках із міської території, так само як і у весняному, азот міститься в трьох формах. Однак, якщо у весняний період на території міста переважає процес накопичення амонійного азоту, що є кінцевим продуктом розпаду білкових сполук, то в теплий період відбувається накопичення нітратного азоту, що є кінцевим продуктом процесу нітрифікації.

В органічному комплексі зливогого стоку переважає легкоокислювальна органічна речовина. Збільшення органіки у зливових стоках у поєднанні з підвищенням температури повітря в районах міської багатоповерхової забудови негативно позначається на його кисневому режимі. Тут відзначений дефіцит розчиненого у воді кисню.

У літній період вміст нафтопродуктів у зливових стоках з території водозборів знижується, у порівнянні з періодом весняного водопілля, тому в теплий період у збагаченні природних вод нафтопродуктами основну роль відіграє інтенсивність руху транспорту.

Кількість зважених речовин в зливових стоках із міських територій також нижча, ніж у весняному. Це пов'язано з тим, що на водозабір не надходить пісок,

який приноситься в зимовий період комунальними службами, та більшим захистом ґрунту трав'янистою рослинністю у порівнянні з весняним періодом.

Для оцінки впливу місцевого поверхневого стоку на річки ми провели розрахунок сумарного виносу маси забруднюючих речовин. Для розрахунків використовували спостереження на експериментальних стічних водозаборах, в замикаючих створах яких були проведені заміри води і відбір гідрохімічних проб. Для всіх водозаборів були розраховані: Q – витрата води в $\text{м}^3 / \text{с}$, W – обсяг стоку за період дії тимчасового потоку; M_n – маса виносу забруднюючої речовини за період дії тимчасового потоку у весняний і теплий періоди року.

Водозабори №№ 2, 3, 4 характеризують стік, що утворюється на урбанізованій території, р Тетерів. Водозбір № 1 відбиває стік, що формується на лівобережжі р. Кам'янка.

Максимальний винос зважених речовин відбувається на водозаборах №№ 2, 3 і 4. Це обумовлено тим, що через ці малі стокові водозабори проходять основні транспортні потоки м. Житомир, і на території цих водозаборів існує щільна забудова. Внаслідок цього, на дорожнє полотно виноситься велика кількість ґрунтової і піщаної маси, яка у подальшому транспортується в річки поверхневим стоком. Найбільший винос нафтопродуктів відзначений нами у період досліджень на водозаборі № 4. Обумовлено це тим, що через ці водозабори здійснюється в'їзд в центральну частину міста, та великою кількістю паливо мастильних матеріалів.

Маса фосфору, винесеного на водозаборах, практично, однакова. Виняток становить водозбір № 1. Це пов'язано з тим, що в нижніх частинах водозбору розташовуються індивідуальні будови з присадибними ділянками.

Основна маса забруднюючих речовин, що виноситься в річки поверхневим стоком з експериментальних стічних водозаборів, надходить у весняно-літній період. У сумарному виносі з усіх водозаборів переважають зважені речовини і нафтопродукти.

Проведене нами зонування території встановило, що наші малі стокові водозабори репрезентативно відображають ситуацію в межах урбанізованих частин басейнів кожної річки. Тому, для оцінки впливу поверхневого стоку на річки Тетерів та Кам'янку, характеристики наших малих стічних водозаборів були поширені на всю територію міста і застосовані у розрахунках.

При подальшій оцінці впливу поверхневого стоку на річки ми здійснили розрахунок виносу маси забруднюючих речовин з урбанізованих частин водозбору кожної річок.

Основна маса забруднюючих речовин поступає в річки з урбанізованих територій міста під час весняної повені. Вирахувавши середні показники гідрохімічного стоку за водозаборами річок, ми змогли розрахувати сумарний винос забруднюючих речовин з урбанізованої території м. Житомир.

Основну масу забруднюючих речовин, що надходять від дифузних джерел з урбанізованих частин водозаборів, складають зважені речовини-понад 99% і нафтопродукти – 0,3%. На решту забруднюючих речовин припадає близько 0,5% від сумарної маси виносу (таблиця № 3).

Таблиця 3. Середній валовий винос розчинних забруднюючих речовин з урбанізованих частин водозаборів м. Житомир (2007 – 2009 рр).

Речовини	Весна (тонн)	Літо (тонн)	Всього (тонн)	% від загальної маси
Зважені речовини	11476	3671	15147	99,5
Нафтопродукти	2,32	0,868	3,1	0,03
Фосфор	0,431	0,61	1,82	0,014
Мідь	0,433	0,503	0,936	0,007
Цинк	0,185	0,188	0,373	0,003
Всього	11479	3673	15152	100

У середньому за рік з урбанізованої території в річки надходить близько 11 тисяч тонн різних забруднюючих речовин, які ніким не враховуються і не контролюються. Для того, щоб мати об'єктивну оцінку, ми порівняли масу забруднюючих речовин з урбанізованої території від неконтрольованих джерел (дифузні джерела) з масою забруднюючих речовин, що надходять у річку Тетерів від очисних споруд м. Житомир (таблиця № 4).

Таблиця 4. Співвідношення річного виносу забруднюючих речовин дифузних та точкових джерел (у тоннах)

Речовина	Дифузні джерела	КП «ЖВУВКГ»
Зважені речовини	15152	522
Нафтопродукти	3,1	9,8
Фосфор	1,82	16,8

Дана таблиця показує сумірність і навіть перевищення маси забруднюючих речовин, що надходить від дифузних джерел з поверхневим стоком.

Таким чином, проведені нами дослідження доводять необхідність каналізації дощових та талих вод та їх очищення до надходження в річкову мережу. У річці в різні періоди гідрологічного року відбувається постійне надходження різних забруднюючих речовин, облік за якими ніким не проводиться.

Для оцінки впливу поверхневого стоку на урбанізованих територіях м. Житомир на мережу річок необхідний аналіз ряду гідрологічних параметрів.

Одним з основних гідрологічних параметрів є витрата води. Нами був проведений аналіз середніх і максимальних місячних витрат за період з 1925 по 2009 роки. З рисунків (1–2) видно, що на річках Тетерів, Кам'янка збільшення витрат води починається з кінця лютого.

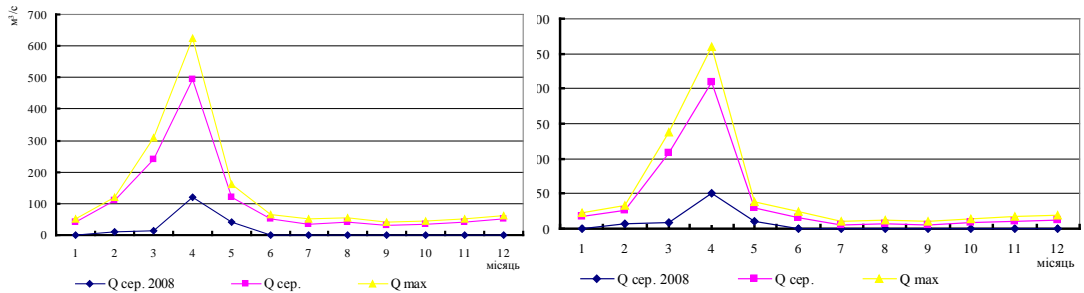


Рис. 1–2. Аналіз середніх та максимальних місячних витрат р. Тетерів, м. Кам'янка Житомир (1925–2009 рр.)

На річках починається різке збільшення витрат води, максимального значення вони досягають у другій декаді квітня. Загальний період підвищених витрат складає близько 4 тижнів. Потім аж до жовтня триває період стійкої межені. Пік мінімальних витрат приходить на липень-серпень місяці. В осінній період, за рахунок рідких атмосферних опадів, відбувається незначне підвищення витрат. Витрати зимової та літньої межені приблизно однакові.

Концентрації більшості розчинених у воді речовин не перевищують гранично допустимих концентрацій (ГДК) для водойм рибогосподарського призначення.

Абсолютно інша картина спостерігається в місті Житомир. Тут істотні, іноді в кілька разів перевищення ГДК, відзначаються вже для цілого ряду розчинених речовин. У першу чергу, це біогенні речовини, як фосфор, БПК₅ зважені речовини. У кілька разів, у порівнянні з фоновими створами, зростають концентрації мікроелементів: заліза, міді, свинцю.

Навіть у період відсутності поверхневого стоку з урбанізованої території клас якості води в річках нижче м. Житомир за період спостереження практично не змінювався. Це вказує на те, що джерело забруднення знаходиться в межах досліджуваних водозаборів. Забруднюючі речовини, що накопичилися на водозаборі, з урбанізованих територій надходять в річки з поверхневим стоком. Для підтвердження цього нами було проведено аналіз даних гідрохімічних спостережень на піку водопілля у період, коли з території міста сток вже припинився. Ми дослідили, як змінюються концентрації забруднюючих речовин в річках при протіканні їх через урбанізовану територію м. Житомир.

На рисунках 3–4 показано, як змінюються концентрації зважених речовин та нафтопродуктів за течією річок Тетерів – Кам'янка через місто.

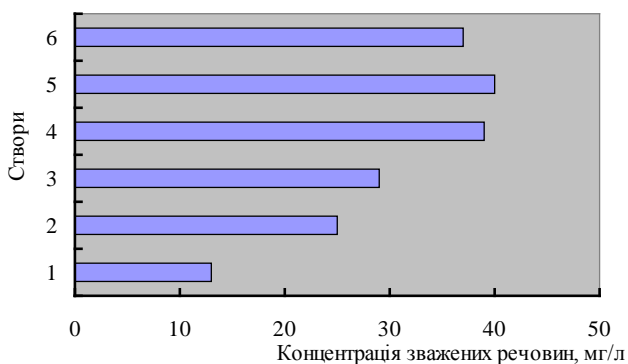
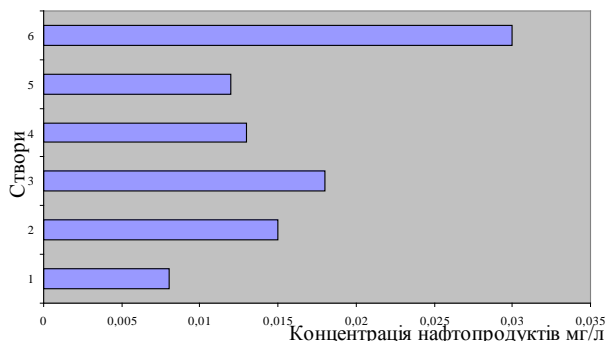


Рис. 3. Зміна середніх концентрацій зважених

1 створ –р. Тетерів, водозабір «Відсічне»; 2 створ – р. Тетерів, гідропарк; 3 створ – р. Тетерів, 200 м вище впадіння р. Кам'янка; 4 створ – 100 м вище впадіння в р. Тетерів; 5 створ–р. Тетерів нижче впадіння р. Кам'янка; 6 створ – р. Тетерів 2,5 км нижче міста.



**Рис.4. Зміна середніх концентрацій речовин в створах (2007 – 2009 рр).
нафтопродуктів в створах (2007 – 2009 рр.)**

У фонових створах (р. Тетерів – водозабір «Відсічне» та р. Тетерів – гідропарк), розташованих вище м. Житомир, концентрації зважених речовин становлять 15–20 мг/л. У створах, розташованих у місті, концентрації збільшуються до 37–50 мг/л. видно, що максимальні концентрації спостерігаються у створах, розташованих у межах міста і нижче за течією міста.

Аналогічна картина спостерігається з нафтопродуктами: у фонових створах концентрації становлять 0,008–0,015 мг/л, а у створі, розташованому нижче Житомира, – 0,03 мг/л.

Висновки

1. У формуванні якості річних вод м. Житомир першочергова роль належить поверхневому стоку .

2. Контроль точкових джерел проводять постійно, стік, в основному, збирається на очисні споруди, де його знезаражують.

3. Облік стоку від дифузних джерел ніким не контролюється, поверхневий стік не збирається та не очищається.

Перспективи подальших досліджень

Слід зосередити увагу на розробці методів і математичних моделей вибору оптимальних параметрів заходів щодо захисту водних об'єктів від забруднення поверхневим стоком з урбанізованих територій. Виробити апробацію розробленої методики на прикладі конкретного водозабору і оцінити її економічну ефективність.

Література

-
1. Населенные пункты и устойчивое развитие: докл.- ООН. – М., 1991. – 168 с.
 2. *Маслов Н.В.* Градостроительная экология / *Н.В. Маслов.* – М.: Высшая школа, 2002. – 285 с.
 3. *Израель Ю.А.* Контроль окружающей среды / *Ю.А. Израель.* – Л.: Гидрометеоиздат, 1990. – 560 с.
 4. *Двинских С.А.* Возможности использования системного подхода в изучении географических пространственных образований / *С. А. Двинских, Г.В.Бельтюков.* – Иркутск: Изд-во Иркутского ун-та, 1992. – 248 с.
 5. *Taylor C. H.* Effects of suburban construction on runoff contributing zones in a small southern Ontario drainage basin / *C. H. Taylor, Roth D. M.* // *Hydrol. Sci. Bull.* – 1979. – № 3. – P. 289–301.
-