

УДК 517.9+(519.7:556.5)

**КОНЦЕПТУАЛЬНІ ПІДХОДИ ДО РОЗРОБКИ ГІС ДЛЯ УПРАВЛІННЯ
ПОВЕРХНЕВИМ СТОКОМ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ**

Боголюбов В.М.

Враховуючи проблеми з водозабезпеченням, питання управління якістю поверхневих вод в Україні є надзвичайно актуальним. Особливо гостро ця проблема стоїть для міст та інших населених пунктів, тобто урбанізованих територій [1,2]. Основними джерелами забруднень водотоків м. Києва є, за даними ДКП „Плесо”, поверхневий стік і дощова каналізація [3,4]. Змив забруднюючих речовин відбувається, як правило, в результаті танення снігу, атмосферних опадів та використання поливомієчної техніки. Ці ж самі процеси визначають характер і склад забруднюючих речовин поверхневого стоку, що потрапляє до природних водотоків і водойм.

При організації управління якістю поверхневого стоку як правило враховують просторові характеристики водозбірних територій, кліматичні умови, а також наявність комунікацій і організаційних заходів. Можна погодитись з деякими авторами, що найкращим інструментарієм для оптимізації управління поверхневим стоком урбанізованих територій є поєднання геоінформаційних систем і методів дистанційного зондування землі (ГІС/ДЗЗ-технологій) з методами математичного моделювання [5,6,7,8]. Очевидно, що ГІС/ДЗЗ-технології доцільно використовувати для картографування реальних контурів басейну водозбору, визначення їх лінійних і площинних характеристик та оцінки динаміки снігового покриву [5].

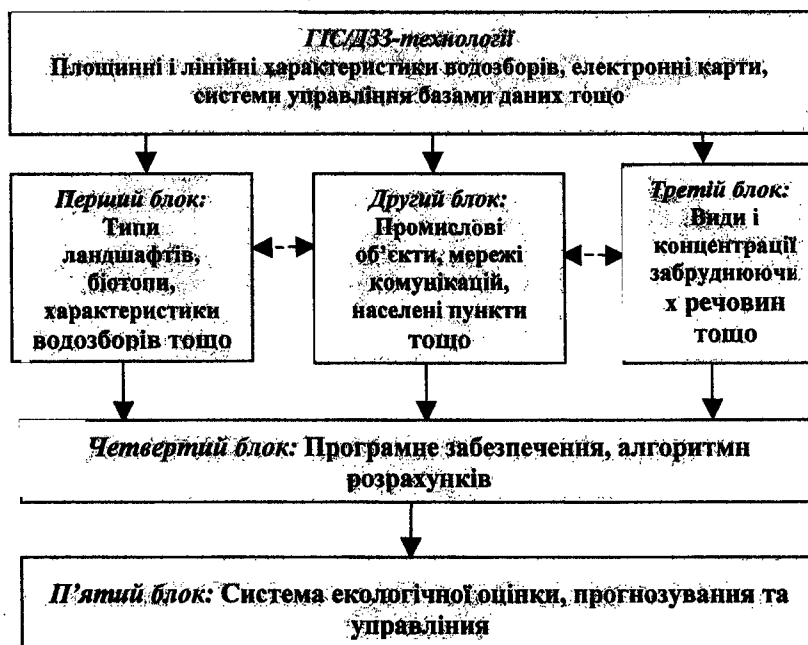
На думку С.В. Кострікова при моделюванні басейнів водозборів найбільш доцільно застосовувати концепцію моделювання з використанням цифрової моделі місцевості і алгоритму стоку [6,8], в той час як „традиційні” методи математичного моделювання найбільш ефективні при аналізі процесів енергомасообміну і самоочищення водних середовищ [7].

В даній роботі запропонована концепція створення геоінформаційної системи локального рівня для оцінки, прогнозування і управління поверхневим стоком урбанізованих територій (система „ГІС-СТОКИ”), розміщених в басейнах річок.

В першу чергу геоінформаційна система повинна забезпечувати пріоритет географічним (еколого-ландшафтним) показникам і характеристикам, тобто для такої системи найбільш прийнятною повинна бути така методологія оцінки поверхневого стоку природно-антропогенних комплексів, яка в значній мірі враховує еколого-ландшафтно-географічні фактори, їх структуру і функціональні особливості. При цьому, математичні моделі, які входять до складу такої ГІС, повинні виконувати як мінімум дві основні функції – по-перше, забезпечувати можливість автоматизованих розрахунків площ водозборів (моделювання об’ємів

поверхневого стоку при різних метеорологічних умовах) і, по-друге, враховувати можливості самоочищення водних систем при різних режимах поверхневого стоку.

Блок-схема геоінформаційної системи управління поверхневим стоком урбанізованих територій включає 5 основних блоків (мал. 1). Перший блок містить інформацію про типи водних екосистем і ландшафтів, лінійні і площинні характеристики водозборів тощо. Вся ця інформація об'єднується в інформаційний масив, який дає можливість оцінити структуру природного ландшафту і визначити характеристики водного стоку при різних метеорологічних умовах (інтенсивність опадів, їх частота і тривалість тощо).



Мал. 1. Блок-схема геоінформаційної системи управління поверхневим стоком урбанізованих територій

Другий блок є електронною базою даних про промислові об'єкти, розташовані на даній території (їх технологічні характеристики стосовно скидів, юридичні адреси, топографічні дані, типи і схеми каналізаційних мереж тощо). Цей блок характеризує потенційний антропогенний вплив, який безпосередньо змінює структуру природних ландшафтів, перетворюючи їх у природно-антропогенні ландшафти. Використовуючи інформацію перших двох блоків можна зробити оцінку і дати прогноз можливих змін в структурі основних природних компонентів і природно-антропогенних ландшафтів і комплексів, що має велике значення для визначення екологічної ємності та самоочисної здатності досліджуваних водних систем і водотоків.

Третій блок формується як реляційна база даних про види і концентрації найбільш поширених на даній території забруднюючих речовин, а також комплекс

нормативних даних, включаючи дані про їх допустимі концентрації для водних екосистем і систем водопостачання.

Четвертий блок містить програмне забезпечення, різні сценарії і алгоритми розрахунків якісних і кількісних змін в структурі основних характеристик водних екосистем, а також систему критеріїв для якісної і кількісної оцінки екологічного стану поверхневих стоків. Четвертий блок, за допомогою відповідного програмного забезпечення зв'яже перші три блоки в єдину інформаційну систему.

У п'ятому блоці формується екологічна оцінка дійсного і прогнозованого стану території водозбору, а також готуються рекомендації щодо оптимізації управління поверхневим стоком урбанізованих територій. Цей блок, об'єднує інформацію про відгук різних водних екосистем на антропогенне навантаження і формує екологічну оцінку стану водних екосистем. Тому, в цьому блоці має бути інформація про кількісні зміни основних екологічних показників, що характеризують стан водних екосистем у відповідності з розробленою системою критеріїв.

Використовуючи різні сценарії і умови функціонування водних систем геоінформаційна система дає змогу оперативно аналізувати, прогнозувати і розробляти рекомендації для оптимального управління станом поверхневого стоку урбанізованих територій за інтегральними критеріями оцінку рівня забруднень у водотоках і водоймищах.

В сучасних умовах антропогенної зміни природного середовища та міграції різних забруднень велике значення для стійкості і стабільності водних екосистем має географічне положення і ландшафтна структура їх біотопів. При створенні ГІС-СТОКИ особлива увага зверталась на можливість повного врахування як біотичних, так і на абіотичних показників географічного середовища і кліматичної зони відповідної урбанізованої території.

Значне місце в ГІС-СТОКИ займають дані про структуру і характерні особливості ландшафтів та водних екосистем (площі та основні характеристики водотоків, водоймищ тощо). Другий блок даних, що входить до складу геоінформаційної системи, включає типи і кількість промислових та енергетичних комплексів, характеристики населених пунктів, в тому числі каналізаційну мережу, тощо.

Як відомо, екологічна ємність водойм обумовлена можливістю розбавлення стічних вод, а також особливостями хімічної, біологічної та фізико-хімічної трансформації забруднюючих речовин, що попадають у водоймище. Методи математичного моделювання дають змогу оцінювати інтенсивність самоочищення стічних вод на урбанізованій території при будь-якій зміні вхідних та керуючих параметрів, а також дозволяють оцінювати суттєвість кожного з параметрів управління поверхневим стоком і давати конкретні рекомендації по оптимізації режиму скиду стічних вод.

У формуванні режиму очищення поверхневих вод урбанізованих територій суттєвим параметром управління може бути швидкість надходження неочищених і недоочищених стоків, що формують водотік. Швидкість потоку стає основним параметром управління, якщо мережа поверхневого стоку містить певні резервні

емності – штучні водні басейни самоочищення, які дають змогу зменшити швидкість течії стічних вод і тим самим збільшити час трансформації забруднюючих речовин. В таких (резервних) водних басейнах для стічних вод будуть відбуватись всі основні процеси самоочищення стоків: змішування, седиментація, хімічне окислення та біохімічна трансформація.

Резервний басейн являє собою прямокутну очисну споруду у вигляді прямокутної призми. На вхід у резервуар надходить вода з забруднюючими речовинами, які трансформуються в нешкідливі або мало шкідливі речовини. Найбільш токсичні органічні речовини за допомогою мікроорганізмів перетворюються в неорганічні речовини, які або осідають на дні реактора, або засвоюються фітопланктоном та іншими водними організмами.

Таким чином відбувається біологічне очищення забруднених вод. Швидкість такого очищення залежить як від біомаси мікроорганізмів, так і від концентрації забруднень, що впливають на біомасу мікроорганізмів. Якщо в басейні самоочищення процес стабілізувався, то концентрація забруднень у кожній точці резервуара не змінюватиметься протягом всього часу спостереження. Проте вздовж резервуара в напрямку руху води концентрація забруднень зменшується і на виході з резервуара вона стає найменшою.

Зрозуміло, що чим більший час забруднені води знаходяться у басейні самоочищення, тим ефективніше протікають процеси самоочищення. У зв'язку з цим виникає задача визначення оптимальних розмірів басейнів самоочищення та швидкості потоку забрудненої води в них, щоб концентрація забруднень на виході не перевищувала заданої, гранично допустимої величини.

Зміна концентрації забруднень у стічних водах описується таким рівнянням [7]:

$$c(t) = c_{ст} \exp \left\{ \gamma_{\max} \left[\mu \left(1 - e^{-\frac{t}{\mu}} \right) - t \right] \right\}, \quad t = \frac{L}{V},$$

де $c_{ст}$ – концентрація забруднень на вході у басейн; γ_{\max} – константа швидкості трансформації речовини; μ – константа верифікації моделі; t – час.

За допомогою такої моделі можна визначити оптимальні розміри резервного басейна шляхом аналізу ефективності процесів самоочищення забруднених вод при різних швидкостях течії в ньому. При попередньому ситуаційному моделюванні розглядалися декілька сценаріїв формування поверхневого стоку, які характеризувалися такими параметрами:

- Три види забруднюючих речовин – БПК, ХПК та зважені речовини.
- Початкові концентрації забруднюючих речовин у водотоках розглядалися для двох значень – 1,0 ГДК і 0,5 ГДК.
- Швидкість течії у водотоках розглядалась також для трьох значень – $0,5V_{сер}$, $1,0 \cdot V_{сер}$ і $2,0 \cdot V_{сер}$.

Результати розрахунків (відносно амонійного азоту при $c_{ст} = 0,94$ мг/л) свідчать, що концентрація забруднюючих речовин на виході з резервуара цілком задовольняє

встановлені рівні гранично допустимих концентрацій, при забезпеченні швидкості течії у водотоці на рівні 0,1 м/с (при цьому, довжина резервного басейну повинна бути не менше 100 м).

ВИСНОВКИ

Розробка геоінформаційної системи управління поверхневим стоком урбанізованих територій локального рівня забезпечує прийнятну якість скидів забруднених стоків у основну водойму при мінімізації витрат на їх очистку. Знання динаміки основних параметрів надходження міських стоків дозволяє розробити рекомендації щодо змін режиму надходження неочищених і недостатньо очищених стоків до основної водойми шляхом створення системи резервних ємностей, які дають змогу підвищити ефективність процесів самоочищення, а також зменшити інтенсивність надходження цих стоків і тим самим знизити концентрацію забруднюючих речовин, які попадають в основну водойму (річку чи озеро).

Література

1. Власова Г.І. Водні ресурси в Україні: використання, моніторинг, охорона // Вода і водоочисні технології, №1, 2001. К., 2001. С.6-9.
2. Дорогунцов С.І., Хвесик М.А., Головинський І.Л. Водні ресурси України (проблеми теорії та методології). К.: Київський університет, 2002. 227 с.
3. Паламарчук М.М., Закорчевна Н.Б. Водний фонд Києва: тенденції урбанізаційного освоєння та діагностика стану // Екологія і ресурси, 2002. №4. С.115-126.
4. Екологія міста: Учебник/Под ред. проф. Ф.В.Стольберга. К.: Либра, 2000. 464 с.
5. Красовський Г.Я., Брук В.В., Волошкіна О.С., Готинян В.С. Практичні завдання регіонального моніторингу поверхневих вод суші з космосу з застосуванням ГІС-технологій // Екологія і ресурси, 2002. №3. С.135-147.
6. Костріков С.В. Цифрові моделі місцевості і три напрямки в геоінформаційному моделюванні водозборів // Людина і довкілля. Проблеми неоекології. Вип.3, 2002. Харків, 2002. С.49-54.
7. Лаврик В.І. Методи математичного моделювання в екології: Навч.посіб. К.: Вид. дім "КМ Академія", 2002. 203 с.
8. Кучмент Л.С., Демидов В.Н., Мотовилов Ю.Г. Формирование речного стока. М.: Наука, 1983. 215с.
9. Паламарчук М.М., Закорчевна Н.Б. Проблеми безпеки водних ресурсів та питного водопостачання населення // Екологія і ресурси, 2002. №4. С.35-45.
10. Практикум по раціональному природопользованию / Н.С.Демченко, Н.В.Куценко, В.Н.Ладыженский и др. Киев: УМК ВО, 1991. 82 с.
11. Руденко Л.Г., Разов В.П., Жулинський О.П. та інші. Методика картографування екологічного стану поверхневих вод України за якістю води. К.: СИМВОЛ-Т, 1998. 48 с.

Стаття поступила в редакцію 30 апреля 2003 г.