

УДК 65.011.56

*Зорін С.В., Картавцев О.М., Головка І.О.*

### **ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКІСНОГО ТА ЯКІСНОГО СКЛАДУ ДОЩОВОГО СТОКУ З УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНСТРУМЕНТІВ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ**

Поверхневий стік з урбанізованих територій є вагомою складовою загального забруднення, що надходить у природні водні об'єкти на територіях міст, і відзначається складністю визначення його кількісного та якісного складу. До дощового стоку потрапляє сміття, нафтопродукти, поверхнево-активні речовини, а також величезний спектр інших забруднювачів, кількісний і якісний склад яких залежить від типу та розмірів промислових об'єктів, розміщених на території міста. Дощові води через мережу колекторів відводяться та скидаються у водні об'єкти безпосередньо або після очистки. Зважаючи на те, що Дніпро є одним з основним джерел питної води для населення Києва та великої кількості інших міст, а також враховуючи функції р. Дніпро як рекреаційного об'єкту необхідними є розробка та запровадження ефективної системи визначення якісного та кількісного складу стічних дощових вод з території міста. Ефективною слід вважати таку систему визначення, яка не потребуватиме постійного відбору та аналізу проб і дасть змогу швидко визначати якість та кількість стоку не тільки у точці скиду, але й у проміжних точках мережі, що уможливлуватиме виявлення забруднювачів і диференціювання їх відповідальності в залежності від інтенсивності спричиненого ними забруднення.

Спираючись на зарубіжний досвід зроблено висновок, що найбільш адекватним і найбільш комплексним вирішенням цього завдання є використання комп'ютерних моделей міської мережі дощової каналізації. Перевагами даного методу є швидкість визначення, відсутність потреби у проведенні складаних та вартісних лабораторних досліджень зразків стічної води, легкість та зручність аналізу і графічного представлення результатів тощо.

У рамках роботи було проведено порівняльний аналіз кількох найбільш поширених засобів комп'ютерного моделювання стоків, зібрано, оброблено та проаналізовано всі необхідні для моделювання вхідні дані та форму представлення результатів.

Для вибору адекватного інструменту для проведення дослідження аналізувалися кілька комп'ютерних моделей для роботи з штучними водними системами, зокрема модель MOUSE Інституту гідробіології Данії (DHI) [1] та модель SWMM 5 Агенство з охорони природи (US Environment Protection Agency) [2].

Суть роботи таких моделюючих систем полягає у створенні графічної моделі досліджуваної мережі (Рис.1) з відповідними атрибутивними таблицями до кожного

об'єкту, у яких зазначаються їх характеристики. Всього розділяють чотири групи необхідних параметрів:

- параметри мережі (діаметри та протяжність труб, глибини колодязів тощо);
- параметри території водостоку (загальна площа, частки проникної для вологи та непроникної поверхонь, інфільтраційні параметри, тип землекористування та частота проведення миття вулиць та ін.);
- параметри якості стоку (концентрації, характер накопичення тощо);
- метеорологічні параметри (тривалість та інтенсивність опадів, кількість бездошових днів, що передували часу початку дослідження тощо).

Параметри перших двох груп є незмінними, тому зібравши і ввівши їх один раз маємо модель, яку можна використовувати безліч разів. Змінюючи набори метеорологічних даних маємо змогу моделювати ситуації, що складатимуться за різних погодних умов, в тому числі і за умови сніготанення. Варіювати можуть і параметри якості стоку, зокрема можна змінювати набір досліджуваних забруднювачів в залежності від поставлених цілей.

Найважливішою і найбільш трудомісткою частиною роботи був етап збору та підготовки вхідних даних, оскільки точність результатів моделювання в першу чергу залежить від їх повноти та достовірності. На цьому етапі активно використовувалися ГІС-інструменти, а саме ряд програмних продуктів компанії ESRI (ArcView 9.0.).



Рис. 1 Графічна модель досліджуваної мережі

Експериментальним районом було обрано територію житлового масиву Русанівський м. Києва. Вибір саме цього району зумовлювався наявністю у ньому єдиного випуску дощової каналізації і чіткою його відмежованістю від інших ділянок міського водостоку.

Для розрахунку базових параметрів території водостоку у ArcView 9.0 було проведено оцифровку контурів (векторизацію) об'єктів району дослідження. За основу використано космічний мультиспектральний знімок району від 22 липня 2002р, отриманий від INTA Space Systems, Inc. У процесі векторизації знімку було створено ряд тематичних полігональних шарів: забудована територія (buildings), заасфальтована чи вкрита плиткою (roads), а також окремий шар, що вкривав усю досліджувану територію (area) (Рис.2).



Рис. 2 Територія дослідження поверхневого стоку.

Для створення шару roads використано також план-схему району у масштабі 1:2000, попередньо накладену на космічний знімок, що було зумовлено неможливістю виявлення у деяких місцях заасфальтованих ділянок, які на знімку перекривалися кронами дерев зелених насаджень. Площі об'єктів кожного тематичного шару були обраховані на основі даних атрибутивних таблиць до них, використовуючи функцію calculate values.

ГІС-інструменти використовувались також для отримання вхідних параметрів моделі інших груп. Так, для вирахування ухилів труб мережі було побудовано інтерполяційну поверхню висот території (ЦМР) з використанням можливостей модулів Geostatistical Analyst та Spatial Analyst у ArcView 9.0. (Рис. 2). Спочатку

було створено точковий тематичний шар, об'єктами якого були висотні відмітки плану масштабу 1:2000.



Рис.3 Цифрова модель рельєфу Spatial Analyst

Визначення ухилів поверхні було проведено за допомогою модуля Spatial Analyst (Рис. 3). Для обчислення ухилів труб на таку поверхню накладалася схема мережі, що дало можливість отримати значення ухилів для початкової та кінцевої точки кожного сегменту мережі.

Після підготовки необхідних вхідних даних наступним етапом буде введення параметрів у модель і початок моделювання стоку.

Слід відзначити, що для того, щоб результати моделювання стали елементом механізмів підтримки прийняття рішень, вони повинні легко інтегруватися з ГІС, а необхідні дані із ГІС повинні легко розпізнаватися та імпортуватися моделюючою системою для використання їх у розрахунках. Моделююча система MOUSE, як і всі інші програмні продукти ДНІ, сумісні з ArcView GIS та/або ARC/INFO, і крім цього спеціалістами ДНІ та ESRI розроблені спеціальні ГІС-додатки на основі поєднання властивостей ArcView та математичних моделей ДНІ. Це значно прискорює та полегшує підготовчий етап моделювання стоку і, на нашу думку, надає програмним продуктам ДНІ безперечну перевагу над іншими продуктами такого типу, які не мають відповідних інтерфейсів. Використання зазначених ГІС-додатків дозволить легко та швидко проаналізувати отримані результати і представити їх у зручній графічній формі.



Рис. 4 Створена за допомогою *Spatial Analyst* карта ухилів поверхні (у відсотках)

Таким чином, можна зробити висновки про те, що швидке та точне визначення кількісного та якісного складу поверхневого стоку урбанізованих територій є необхідним для забезпечення екологічної безпеки населених пунктів. Найбільш ефективним способом здійснення такого визначення є проведення комп'ютерного моделювання за допомогою спеціально розроблених моделей. Необхідні просторові вхідні дані для проведення експериментального моделювання було отримано та проаналізовано за допомогою ГІС-технологій. ГІС-технології будуть також активно застосовуватися і на етапі аналізу та представлення результатів моделювання.

Комплект програмних продуктів для проведення даної експериментальної роботи було люб'язно надано компанією ECOMM Co. та Інститутом гідробіології Данії (DHI).

#### Використані джерела:

1. MOUSE user guide / DHI Software 2003 on 3 CD's. – Horsholm: DHI Water & Environment, 2003.
2. Rossman, Lewis A. Storm water management model user's manual. – Cincinnati: EPA, 2004. – 245 p. [www.epa.gov/ednrmrl/swmm/epaswmm5\\_manual.pdf](http://www.epa.gov/ednrmrl/swmm/epaswmm5_manual.pdf)

Статья поступила в редакцию 17.05.05