

разломы и методика аэрокосмогеологических исследований при нефтегазопроисловых работах в Днепровско-Припятьском авлакогене: Препр. / АН УССР. Ин-т геол. наук; 88-31 / . – К., 1988. – 55 с. 10. Азімов О.Т. Геоінформатика у проблемі створення технологічної схеми обробки/інтерпретації даних аерокосмічних зйомок при вирішенні геологічних завдань // Мат. IX Міжнар. наук. конф. "Моніторинг геологічних процесів" (м. Київ, 14-17 жовт. 2009 р.). – К., 2009. 11. Азімов О.Т. Дослідження диз'юнктивних дислокацій земної кори аерокосмічними методами (на прикладі регіонів України): Дис. ... д-ра геол. наук: 04.00.01 "Загальна та регіональна геологія" / ІГН НАН України. – № ДР 0509U000102. – К.,

2008. 12. Веклич Ю.М., Целік В.В., Янцевич О.О. Розробка та вдосконалення методики геокартування та складання цифрових геологічних карт, включаючи їх дистанційну основу: Звіт про НДР 604 (закл.) / УкрД-ГРІ. – № ДР У-03-135/40. – К., 2005. – Кн. 1. Текст. 13. Мичак А.Г., Філіпович В.Є., Тарангул Д.О. та ін. Розробка методичних рекомендацій з аерокосмогеологічних досліджень та використання їх результатів при геологорозвідувальних роботах. Звіт про НДР / ЦАКДЗ ІГН НАН України. – № ДР 0105U000753. – К., 2005.

Надійшла до редколегії 20.11.09

УДК 556.3:004.94

О. Кошляков, канд. геол.-мінералог. наук,
О. Диняк, канд. геол. наук, І. Кошлякова, пров. інж.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИХІДНИМИ ДАНИМИ МАТЕМАТИЧНИХ ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ МОДЕЛЕЙ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ПОТОКІВ ҐРУНТОВИХ ВОД НА УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЯХ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол.-мінералог. наук, проф. М.М. Коржневим)

Наведено можливість і доцільність застосування геоінформаційних систем на стадії геофільтраційної схематизації при математичному моделюванні рівнів ґрунтових вод. Продемонстровано можливість відтворення полів геофільтраційних параметрів в умовах недостатнього забезпечення вихідними даними при вивченні динаміки рівнів ґрунтових вод на на урбанізованих територіях.

The possibility and effectiveness of geographical information systems applied for geofiltrative schematization in mathematical modeling of waterlevel is considered. The construction of geofiltrative parameters grids is demonstrated in conditions of lack of input data in studying of waterlevel dynamics at urban territories.

Вступ. В умовах сучасного міста підвищене антропогенне навантаження випробовують усі компоненти природного середовища. У зв'язку з інтенсивною господарською діяльністю різко змінюються гідрогеологічні умови, що спричиняє розвиток небезпечних природно-техногенні процесів (підтоплення, зсуви, суфозія, карст тощо), погіршення екологічної обстановки, та обумовлює виникнення надзвичайних ситуацій. Оцінка таких змін є принципово важливою, оскільки економічний збиток від небезпечних процесів величезний.

Найбільш точні оцінки стану підземних водних ресурсів можуть бути виконані на основі числових постійно діючих геофільтраційних моделей. Метод математичного моделювання геофільтрації є основним методом при обґрунтуванні будівництва об'єктів, які тим чи іншим чином пов'язані з підземними водами. Створення математичної моделі об'єкту та прилягаючої території дозволяє, з одного боку, враховувати наявні природно-техногенні фактори, що впливають на об'єкт, а з іншого боку оцінити вплив будівництва на прилягаючу територію.

Розрізняють чотири послідовних стадії такого моделювання [1]:

- стадія схематизації умов геофільтрації;
- стадія епігнозного моделювання;
- прогнозне моделювання;
- обробка та оформлення результатів моделювання.

Ці стадії взаємопов'язані, і до того ж існує не лише прямий зв'язок, а й обернений.

Перша стадія схематизації умов геофільтрації, визначення розрахункових параметрів та характеристик є обов'язковою вихідною позицією при розв'язанні геофільтраційних задач. На цій стадії проводиться гідрогеологічне розчленування розрізу області потоку на зону аерації, водоносні горизонти і комплекси, а також районування території по площі. В якості елементу гідрогеологічного розрізу виступає водоносний пласт, який складений одним або декількома літологічно-однорідними шарами, які до того ж характеризуються тисним гідравлічним зв'язком. Стадія закінчується точним математичним формулюванням задач і побудовою вихідної гідродинамічної схеми.

Постановка проблеми. Для побудови коректної математичної детермінованої моделі геофільтрації необхідно досить точно виконати схематизацію території з урахуванням геологічної будови, геофільтраційних параметрів, даних метеорологічної обстановки, а також кількісних даних про техногенне навантаження. Детерміновані моделі для свого коректного використання вимагають досить високої забезпеченості вихідною інформацією, зокрема даними про фільтраційні та ємнісні властивості гірських порід (коефіцієнти фільтрації та гравітаційної водовіддачі), інтенсивність інфільтраційного живлення, крайові умови потоку підземних вод.

Отже, прогноз змін гідрогеологічних умов практично неможливий без детальної гідрогеологічної вивченості територій. Проте, для міських територій часто відсутні дані про фільтраційні характеристики гірських порід по площі та за глибиною, майже відсутні або досить схематично визначенні фільтраційні властивості порід в межах зони аерації. Складно також визначити і відповідно використати в розрахункових залежностях прогнозу величину інфільтраційного живлення ґрунтових вод та визначити (відкорегувати) вихідні параметри за допомогою розв'язання обернених задач, в зв'язку з відсутністю режимної мережі [2].

Аналіз існуючих систем спостережень на об'єктовому та місцевому рівнях показує, що вони здебільшого не відповідають вимогам моніторингу стану підземної гідросфери як за комплексністю, так і за технічним забезпеченням. Наприклад, державна режимна мережа у м. Києві закладалася більше 50 років тому і створювалася для контролю рівня ґрунтових вод на території міста в колишніх його межах. З часом спостережні свердловини поступово виходили з ладу, деякі ділянки їх розташування перейшли під забудову. На жаль, сьогодні багато свердловин режимної мережі не відповідають сучасним задачам по своїй конструкції або непридатні для спостережень унаслідок їх засмічення, засипки. Деякі свердловини в даний час відновлювати економічно недоцільно. До цього необхідно додати, що інформації, отриманої від існуючих стаціонарних пунктів моніторингу, не завжди достатньо для достовірного аналізу конкретних ситуацій.

Виклад основного матеріалу. На сьогодні вважається, що аналітичні математичні методи доцільно використовувати лише на додаток до математичного гідрогеологічного моделювання. Будова гідрогеологічного об'єкта практично не буває повністю вивчена навіть після проведення детальних вишукувань. Різні частини виявляються дослідженими з різним ступенем достовірності. При побудові моделі виникає необхідність екстраполяції відомих параметрів на інші, менш вивчені зони. Все це збільшує статистичну дисперсію отриманої інформації та знижує її достовірність, унеможливорює використання даних моніторингу з метою встановлення факторів формування режиму ґрунтових вод.

Створення нових точок спостереження за рівнями ґрунтових вод або з метою уточнення гідрогеологічних параметрів в умовах міста є дуже складним і практично неможливим процесом (забудованість території, наявність заповідних та охоронних територій, підземні комунікації).

Отримання уяви про будову геофільтраційного середовища та використання її з метою оцінки існуючого стану і прогнозування його змін, можливо переважно шляхом використання наявних фондових матеріалів по геологічним, гідрогеологічним та інженерно-геологічним свердловинам.

Саме таку інформацію пропонується використовувати при оцінці та прогнозуванні стану системи ґрунтових вод, але на базі геоінформаційних технологій. Більшість вихідної гідрогеологічної інформації неупорядкована та заздалегідь не взаємопов'язана і до того ж отримана у просторово неупорядкованих точках спостережень. Тобто, така інформація на даний час являє собою масиви розрізнених і недостатньо систематизованих даних, іноді важкодоступних для користувача. Тому на першій стадії моделювання доцільно створити таку геоінформаційну базу, яка б дозволила в подальшому виконати науково-обґрунтовану інвентаризацію наявних даних, обробити їх, синтезувати, проаналізувати і використати для гідрогеологічного моделювання. Аналіз і обробку наявної інформації слід виконувати шляхом функцій вибірок, калькуляцій, побудови поверхонь. Це надасть можливість кількісної оцінки в плані та розрізі існуючої гідрогеологічної обстановки.

З метою отримання достовірних розрахунків необхідно обґрунтувати вихідну гідродинамічну схему, та роль основних гідродинамічних факторів формування рівнів ґрунтових вод. На другій стадії слід виконати корегування й обґрунтування створеної вихідної моделі шляхом її відтворення та порівняння модельного розподілу гідродинамічних напорів з реально існуючим (епігнозне моделювання). Модель повинна, з одного боку, віддзеркалювати головні особливості руху потоку, з іншого боку, збігатися з даними натурних спостережень за рівнем ґрунтових вод в межах допустимої обґрунтованої похибки.

Оцінка якості моделі є першим кроком в обґрунтуванні достовірності гідрогеологічних прогнозів, так як дозволяє оцінити якість використаної інформації (що є важливим при подальшому проектуванні), а величини похибок входять як складові в загальну оцінку результатів розв'язку обернених та прогнозних задач.

Одним із головних факторів при гідрогеологічних прогнозах є кількісне визначення величини інфільтраційного живлення. Ця величина залежить від кліматич-

них факторів, рельєфу, складу порід зони аерації, рослинного покриву. Інфільтрація на забудованих територіях різко відрізняється від природної, оскільки вона пов'язана з умовами закритості території, господарського використання, інженерної підготовки. Деякі дослідники вважають, що інфільтраційне живлення міських територій (без врахування різноманітних втрат) може зменшуватися на 30-40 % за рахунок різкого зменшення в містах відкритих ділянок, де може відбуватися інфільтрація [3]. За іншими даними, інфільтрація може збільшуватися за рахунок планування території і зменшення поверхневого стоку.

Визначення величини інфільтраційного живлення на основі гідродинамічного аналізу режиму ґрунтових вод вимагає великого об'єму бурових робіт та тривалих спостережень. Точність визначення в природних умовах зазвичай невелика, так як аналітичні розрахунки, які при цьому застосовуються, відповідають умовам більш-менш однорідного водоносного горизонту. Великі похибки також можуть виникнути в зв'язку з неточністю визначення гравітаційної ємності пласту. В останній час набула розвитку методика дослідження закономірності інфільтрації та випаровування на основі теорії вологопереносу в зоні аерації, проте це вимагає додаткових теоретичних та практичних обґрунтувань. Наприклад, вважається, що інфільтраційне живлення за рахунок конденсації під закритими територіями не може мати суттєвого впливу, так як для створення конденсаційних вод необхідно мати значний циклічний перепад температури під спорудами. Температура гірських порід під забудованими територіями змінюється в порівнянні з незабудованими ділянками, проте діапазон її добового та сезонного коливання незначний. Це й обумовлює неможливість утворення суттєвої кількості конденсаційних вод, яка б перевищувала природну величину інфільтрації.

Все це свідчить про значні складності оцінки величини інфільтрації. Розв'язання такої задачі ускладнюється також тим, що в багатьох геофільтраційних задачах необхідно знати зміну величини інфільтрації внаслідок зміни гідрогеологічних умов.

Проте обґрунтовано можна припустити, що величина інфільтрації залежить від наявності та характеру забудови території [2]. Тому доцільно виконати схематизацію території відповідно до особливостей розподілу інфільтраційного живлення (рис.1). Це досить зручно і ефективно зробити шляхом накладання шарів картографічної інформації (карти забудови, зелених насаджень, схем каналізаційних мереж, автомобільних та залізничних доріг, тощо) з наявної геоінформаційної бази. Величину інтенсивності інфільтраційного живлення ґрунтових вод слід задавати по площі диференційовано в залежності від геоморфологічних особливостей території, літологічного складу покриваючих порід, щільності та характеру забудови і наявності штучного покриття. Це дозволяє більш точно відтворити на моделі умови живлення ґрунтових вод.

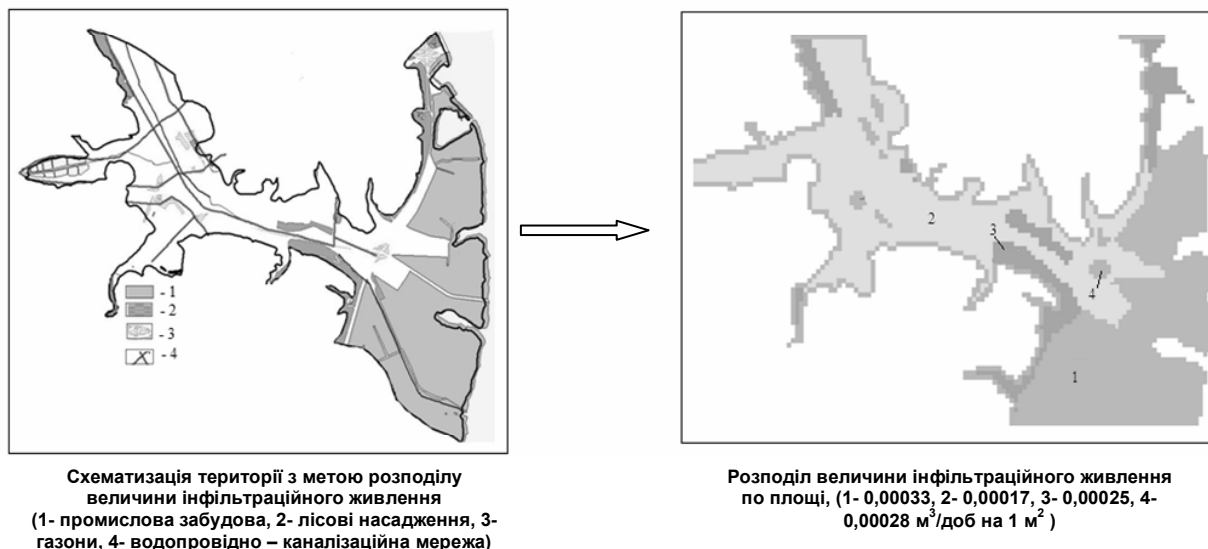


Рис.1. Приклад використання геоінформаційної бази даних при визначенні величини інтенсивності інфільтраційного живлення

Застосування ГІС-технологій в практиці математичного моделювання геофільтрації дає змогу дійсно по новому подивитись на проблему забезпечення моделей вихідними даними. Для забезпечення актуальною інформацією вихідних даних доцільно виконувати в наступній послідовності:

- Збір, систематизація та аналіз фондів на опублікованих геологічних, гідрогеологічних, геоморфологічних інженерно-геологічних та інших матеріалів по об'єкту;
- Формування комп'ютерних фактографічних та картографічних баз даних;
- Побудова цифрових гідрогеологічних карт розподілу геофільтраційних параметрів, використовуючи створені бази даних.

Створена база даних крім вмісту набору гідрогеологічної інформації повинна включати шаблони запитів, що забезпечують доступ до масиву інформації, що в свою чергу дозволяє виконувати аналіз і корегування даних з метою розв'язання конкретного завдання.

База даних гідрогеологічної інформації, поєднана з ГІС-пакетами, є інструментом реалізації моделювання на етапах вводу інформації в модель, виведення результатів розв'язання рівнянь геофільтрації, формування звітних документів.

Висновки. Найбільш точні оцінки стану потоків ґрунтових вод на урбанізованих територіях можуть бути виконані на основі числових постійно діючих геофільтраційних моделей. Проте для міських територій часто відсутні дані про фільтраційні характеристики гірських порід по площі та за глибиною, майже відсутні або досить схематично визначенні фільтраційні властивості порід в межах зони аерації. Складно також визначити і відповідно використати в розрахункових залежностях прогнозу величину інфільтраційного живлення ґрунто-

вих вод та визначити (відкоригувати) вихідні параметри за допомогою розв'язання обернених задач.

В цьому зв'язку пропонується на першій стадії моделювання створити геоінформаційну базу, яка б дозволила в подальшому виконати засобами ГІС науково-обґрунтовану інвентаризацію наявних гідрогеологічних даних, обробити їх, синтезувати, проаналізувати і використати для гідрогеологічного моделювання. На другій стадії моделювання слід виконати коригування й обґрунтування створеної вихідної моделі шляхом її відтворення та порівняння модельного розподілу гідродинамічних напорів з реально існуючим (епігнозне моделювання).

Однією з головних проблем при гідрогеологічному моделюванні є кількісне визначення величини інфільтраційного живлення. Оскільки що величина інфільтрації залежить від наявності та характеру забудови території, доцільно виконати її схематизацію відповідно до особливостей розподілу інфільтраційного живлення. Це можна ефективно зробити шляхом накладання шарів картографічної інформації (карти забудови, зелених насаджень, схем каналізаційних мереж, автомобільних та залізничних доріг, тощо) із створеної геоінформаційної бази.

1. Гавич І.К. Применение моделирования к обработке гидрогеологической информации – М., 1982.
2. Кошляков О.Є., Диняк О.В. Математичне моделювання потоків ґрунтових вод в долинах малих річок. / Тези доп. VII Міжн. наук. конф. "Геофізичний моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища". К. – 2006.
3. Котлов Ф.А. Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека/ Корниенко Н.В., Балков В.А. – М., 1978.

Надійшла до редколегії 02.12.09