

УДК 628.1;628.2+551.4.03+681.5

ВИЗНАЧЕННЯ АВАРІЙНО-НЕБЕЗПЕЧНИХ ЗОН МЕРЕЖ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ ЗАСОБАМИ ГЕОЕКОЛОГІЧНОЇ ГІС МІСТА

*П. І. Анпілогов, канд. техн. наук
(Київський національний університет
будівництва і архітектури)*

У статті розглядаються питання визначення потенційних аварійно-небезпечних ділянок міських мереж водопроводу та каналізації засобами геоінформаційної системи. Запропоновано технологію визначення взаємного впливу рельєфу місцевості та інженерних мереж з використанням геоекологічного аналізу. При цьому інженерна мережа розглядається як елемент техногенного ландшафту міста

В статье рассматриваются вопросы определения потенциальных аварийно-опасных участков городских сетей водопровода и канализации средствами геоинформационной системы. Предложена технология определения взаимовлияния рельефа местности и инженерных сетей с использованием геоэкологического анализа. При этом инженерная сеть рассматривается как элемент техногенного ландшафта города

The questions of geographic information system creation which to define potential emergency dangerous sites of city water-supply and sewer networks are considered. The definition technology of interplay land features and engineering networks to analyze with use geographic-ecological analysis is offered. Thus the engineering network is considered as a man-caused element a city landscape

Вступ. Рішенням Ради національної безпеки і оборони України визнано, що стан житлово-комунального господарства є критичним, таким що “становить небезпеку для життєдіяльності громадян та суспільства, а також сталого функціонування господарського комплексу України” [1]. Рада НБО України вимагає від місцевих державних адміністрацій разом із відповідними органами місцевого само-

врядування вжити заходів щодо прискорення процесу інвентаризації об'єктів комунальної власності житлово-комунального господарства.

Мережі водопостачання та водовідведення міст також потребують технічної інвентаризації (технічної паспортизації). Відсутність інформації про структуру і стан інженерних мереж створюють умови для підвищення ризику аварій.

Розвиток міст та інфраструктури комунальних послуг призводить до розширення водопровідних, каналізаційних мереж. У містах пострадянського простору склалася ситуація, за якої в експлуатаційних організаціях кількість необхідної інформації про раніше закладені мережі становить 30—50%, а про мережі сучасної закладки й того менше. При цьому у більшості випадків відсутня інформація про різноманітні матеріали, з яких вироблені труби водопровідних та каналізаційних мереж. Наприклад, у водопровідно-каналізаційному господарстві м. Києва використовуються труби із заліза, залізобетону, пластику і навіть в окремих випадках з дерева — дуб (район Європейської площі 80—90 рр. ХІХ ст.), а також із цегли у колекторах великого діаметру.

Крім цього наявна інформація знаходиться переважно на паперових носіях, що у свою чергу призводить до зниження оперативності аналізу, ефективності диспетчерського управління тощо. Це зумовлює нестабільність роботи мереж, збільшення великих аварій з руйнацією інженерних мереж, що значно збільшує загрозу стабільному життєзабезпеченню. Слід відзначити також факт, що навіть 100% наявність необхідної інформації про мережі не гарантує своєчасного попередження аварій тому, що це питання розглядається лише в односторонньому аспекті — техніко-технологічному. Але слід враховувати і взаємодію елементів мережі з навколишнім середовищем.

Різні матеріали по-різному реагують із середовищем, на території якого вони розташовані. Відповідно, строки руйнування труб також різні. На інтенсивність старіння ділянок мереж впливають геоекологічні фактори навколишнього середовища, які формуються під впливом складних довготривалих ендегенних та відносно короткотривалих екзогенних процесів.

Якість прогнозування аварій на мережах водопостачання та водовідведення напряму залежить як від внутрішніх технологічних факторів (тиск у мережі, склад матеріалів елементів мережі, фізичні

розміри елемента тощо), так і зовнішніх фізико-хімічних процесів, які проходять усередині та між компонентами геосистеми [2, 3]. Отримання даних за показниками “внутрішнього” стану мережі та показниками впливу на неї агентів “зовнішнього” природного середовища надасть змогу визначати аварійно-небезпечні зони інженерних мереж.

Мета і постановка завдання. Для якісного виявлення аварійно-небезпечних зон мереж водопостачання та водовідведення необхідно розробити уніфіковану інформаційну модель, яка дає можливість у процесі дослідження елементів інженерних мереж використовувати комплексний підхід із застосуванням географічних, геоекологічних методів у поєднанні з геоінформаційними технологіями.

Для реалізації такого підходу передбачається використовувати інформаційно-графічні моделі (ІГМ) інженерних мереж водопостачання та водовідведення [4].

1. Моделювання геосистеми території міста.

Серед природних компонентів геосистеми території міста, які впливають на стійкість та надійність елементів інженерної мережі, можна виділити такі основні (рис. 1): рельєф, геологічні відклади, у яких прокладена мережа, ґрунтово-рослинний покрив. Одним із головних агентів геосистеми є вода, яка формує гідрогеологічне середовище прокладки інженерних мереж.

В межах аварійно-небезпечної зони для інженерної мережі кожен елемент геосфери характеризується однорідністю показників. Так, для рельєфу характерними показниками є кут нахилу, довжина та площа схилу. Для геологічних відкладів — глибина, потужність шару, генезис, гранулометричний склад, суха вага типу відкладу, фільтраційні та інфільтраційні показники. Ґрунтово-рослинний покрив характеризується потужністю та видом рослинності, вагою сухого ґрунту, фільтраційними показниками, ступенем площинно-го змиву тощо [2].

Така модель надає можливість розглядати інженерну мережу як елемент техногенного ландшафту міста, що впливає на навколишнє природне середовище і, навпаки, піддається впливу з боку останнього.

Для моделювання аварійно-небезпечних зон необхідно проведення комплексної паспортизації елементів інженерних мереж [5].

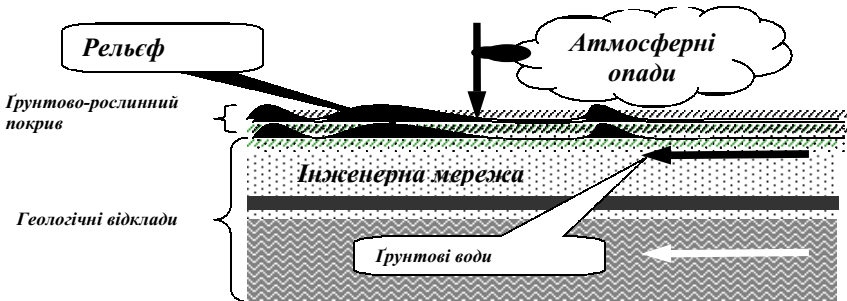


Рис. 1. Компоненти впливу геосистеми на інженерну мережу.

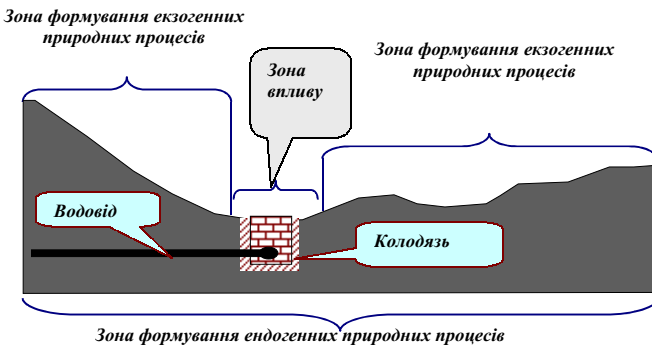


Рис. 2. Потенційно небезпечні геоекологічні зони.

З точки зору просторового розміщення та взаємодії з елементами мережі, аварійно-небезпечна зона поділяється на дві зони (рис. 2):

- зона формування природних процесів;
- зона впливу на елемент інженерної мережі.

В межах зони формування природних процесів необхідно виявити ті процеси, внаслідок впливу яких формуються руйнівні умови для мережі в межах зони впливу. Як правило, для однієї зони є характерною однотипність екзогенних процесів. Ендегенні процеси мають більш широке поширення та можуть охоплювати декілька аварійно-небезпечних зон. Зона впливу представляє собою ділянку навколо елемента інженерної мережі, в якій порушено

залягання геологічних відкладів і де агенти, які сформувалися унаслідок діяльності природних процесів, вступають у взаємодію з елементом мережі.

Формально кожний елемент інженерної мережі можна представити у вигляді замкнутої (інкапсульованої) множини (об'єкту) [6, 7]:

$$\omega = \{P, E, M\}, \quad (1)$$

де P — множина функціонально визначених властивостей, E — множина внутрішніх та зовнішніх подій (реакцій), M — множина методів (функцій) об'єкту, які застосовуються до множини P під час здійснення подій з множини E .

При цьому

$$P = A \cup \Gamma, \quad (2)$$

де A — множина атрибутивних (описових) властивостей, Γ — множина властивостей, які відображаються графічно і мають координатну прив'язку у єдиному адресному просторі міста.

Існує взаємне відображення атрибутивних компонентів об'єкту $\Phi_{AG}(\omega)$ на модель геопросторового представлення міста:

$$A \xleftarrow{\Phi_{AG}(\omega)} \Gamma \quad (3)$$

Загальним правилом для моделі (1—3) є наступне. Об'єкт ω реагує на події з множини E зміною своїх властивостей A і відображає їх в Γ . При цьому використовуються методи з множини M .

Позначимо множину об'єктів з властивостями (1—3) для мережі водопостачання міста як Ω_B і як Ω_K для каналізаційної мережі. Сукупність графічних властивостей кожного об'єкту цих мереж $\Gamma_B = \Phi_{AG}(\Omega_B)$ та $\Gamma_K = \Phi_{AG}(\Omega_K)$ створюють зображення схем водопостачання та водовідведення на електронній моделі карти міста.

Модель геосистеми (рис. 3) базується на трьох основних поняттях: сутність, їхні властивості та зв'язки [8—10].

Таким чином, можливо застосувати об'єктно-орієнтовний підхід (1—3) і для моделювання ділянок рельєфу території міста. Тоді

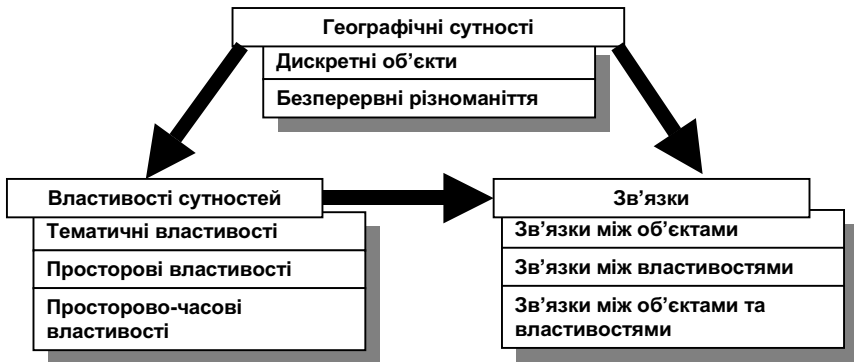


Рис. 3. Інформаційна модель геосистеми.

P являють собою властивості сутностей, і методи M , і події E функціонально забезпечують зв'язки між об'єктами і властивостями, а Γ — графічні сутності. Позначимо множину об'єктів рельєфу території міста як Ω_p . У відповідності до визначення (3), зображення об'єктів $\omega \in \Omega_p$ формуються шляхом відображення властивостей сутностей Δ на графічні сутності Γ . На практиці ділянки є полігонами різного ступеня складності. При чому їх об'єднання складає модель рельєфу всієї території міста.

2. Прогнозування аварійно-небезпечних ділянок.

Сукупність шарів графічних відображень об'єктів рельєфу території у єдиний адресний простір міста $\Gamma_p = \Phi_{\text{АН}}(\Omega_p)$ повинна будуватися виходячи із наперед заданої ознаки — наприклад, рівня ґрунтових вод, кута нахилу, гранулометричного складу, сухої ваги типу відкладу, фільтраційних та інфільтраційних показників тощо. Так само графічні шари відображень водопровідних Γ_B і каналізаційних мереж Γ_K формуються за такими ознаками, як склад матеріалів елементів мережі, фізичні розміри елементу, тиск у мережі тощо.

Далі стандартними геометричними SQL-запитами формується множина об'єктів відповідної інженерної мережі, які знаходяться у відповідному шарі рельєфу території міста Γ_p^i ($i = 1, \dots, n$) (n — кількість шарів за ознаками). Формально множину об'єктів водопровідної мережі Θ , елементи якої знаходяться у n шарах зон ризику, отримують застосуванням операції перетину множин:

$$\forall \omega \in \Omega_B : \Theta = \left\{ \omega \mid \Gamma_B(\omega) \in \left(\Gamma_B \cap \left(\bigcup_{i=1}^n \Gamma_P^i \right) \right) \right\} \quad (4)$$

Те ж саме для мереж водовідведення:

$$\forall \omega \in \Omega_K : \Theta = \left\{ \omega \mid \Gamma_K(\omega) \in \left(\Gamma_K \cap \left(\bigcup_{i=1}^n \Gamma_P^i \right) \right) \right\} \quad (5)$$

На рис. 4 зображено застосування відображень вигляду (4–5) засобами ГІС. Крім здійснення геометричних SQL-запитів, засоби ГІС надають можливість наглядно уявити місцезнаходження потенційно небезпечних зон і розташовані там елементи інженерної мережі.

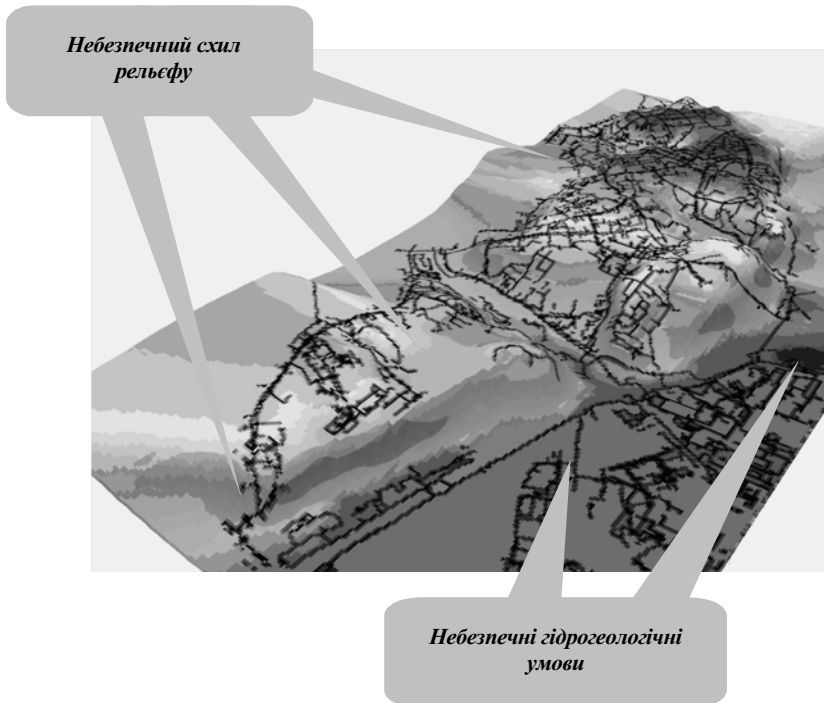


Рис. 4. Відображення інженерної мережі на модель рельєфу.

Реалізація технологічної схеми виявлення ділянок напруги інженерної мережі потребує виконання наступних умов:

- наявність багат шарової інформаційної моделі міста, з обов'язковим унікальним шаром адресного простору, який створюється завдяки відповідній методиці із адресації об'єктів;
- наявність інформаційно-графічної, об'єктно-орієнтованої бази даних інженерної мережі.

Для застосування запропонованого підходу необхідно вирішити наступні завдання:

- здійснити аналіз геоморфологічних, гідрогеологічних та інженерно-геологічних умов території прокладання мережі і виявити основні екзогенні та ендегенні процеси, які можуть впливати на стан інженерної мережі;
- згідно з інформаційною моделлю мережі, провести технологічну паспортизацію її елементів і сформувати геоінформаційну базу даних інженерної мережі;
- сформувати геоекологічні паспорти аварійно-небезпечних зон території міста з урахуванням даних технологічної паспортизації;
- сформувати геоінформаційну базу даних аварійно-небезпечних зон інженерної мережі;
- розробити рекомендації, спрямовані на попередження аварій в межах визначених аварійно-небезпечних зон.

Висновки.

Основною ідеєю запропонованого підходу до моделювання аварійно-небезпечних зон інженерних мереж є вивчення причинно-наслідкових зв'язків природних процесів впливу на мережу, а також процесів внутрішнього стану мережі та стабільності її роботи. Вивчення природних передумов виникнення екологічних проблем, пов'язаних з динамікою рельєфоутворюючих процесів навколо елементів мережі, а також внутрішніх процесів у середині самої мережі. У цьому сенсі, актуальним є створення на інженерній мережі пунктів спостереження геодинамічних напруг під впливом ендегенних, екзогенних та антропогенно-техногенних факторів, а також технологічного напруження інженерної мережі.

Слід зауважити, що реалізація запропонованого підходу не можлива без технічної паспортизації інженерних мереж і наявності розвинутих ГІС-ресурсів міста.

* * *

1. *Про стан* житлово-комунального господарства України та основні напрями його реформування. Рішення РНБО України від 17.10.2006р. Затверджено Указом Президента України від 16.12.2006р. №1093/2006.

2. *Исаченко А.* Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. — М.: Наука, 1991. — 160 с.

3. *Осипов В. И.* Геоэкология — междисциплинарная наука об экологических проблемах геосфер // Геоэкология. — 1993. — № 1. — С. 4—18.

4. *Анпілогов П. І., Анпілогов А. П., Цюцюра С. В., Цап'юк С. Є.* Об'єктно-орієнтований підхід до моделювання організаційно-технологічних схем проведення планових ремонтних робіт на інженерних мережах міста // Всеукраїнський збірник наукових праць; Гірничі, будівельні дорожні та меліоративні машини. — К.: КНУБА, 2006. — № 68. — С. 77—80.

5. *Волошин П. К.* Моніторинг дослідження підземних вод урбо-системи Львова. — Наукові праці УкрНДГМІ, 2003. — Вип. 252. — С. 80—96.

6. *Анпілогов П. І., Михайленко В. М., Кириченко С. Д.* Принципи створення автоматизованих систем управління тарифом для територіально-розподілених комунальних підприємств міста (на прикладі систем водопостачання та водовідведення) // Проблеми інформаційних технологій. — Херсон: ХНТУ, 2007. — № 1. — С. 150—155.

7. *Анпілогов П. І., Цап'юк С. Є., Анпілогов А. П., Кошарна Ю. В.* Виявлення ділянок напруги інженерної мережі з використанням даних аварійно-відновлювальних робіт // Інженерна геодезія: Наук.-техн. збірник. — К.: КНУБА, 2007. — Вип. 53. — С. 10—16.

8. *Кузнецов Н.А., Гитис В.Г.* Сетевые аналитические ГИС в фундаментальных исследованиях // Информационные процессы. Электронный научный журнал. — 2004. — Т. 4. — № 3. — С. 221—240.

9. *Гитис В. Г., Андриенко Г. Л., Андриенко Н. В.* Исследование сейсмологической информации в сетевых аналитических ГИС // Физика Земли. — 2004. — № 3. — С. 43—53.

10. *Лященко А. А.* Методологічні основи та інформаційно-технологічні моделі інфраструктури геопросторових даних міських кадастрових систем: Дис... д-ра техн. наук: 05.24.04 / Київський національний ун-т будівництва і архітектури. — К., 2003. — 358 арк.

Отримано: 15.02.2008 р.