

Відмітним процесом ерозійного впливу тимчасових потоків на багаторічномерзлі дисперсні породи є термоерозія. Регіональна специфіка процесу обумовлена впливом комплексу природних і техногенних факторів. Активність розвитку термоерозії визначається глибиною добового розчленування багаторічномерзлих ґрунтів у вигляді термоерозійних урізів. Глибина термоерозійного розчленування території змінюється від часток метра в сезон у торф'янистих і глинистих ґрунтах до 10 метрів у сезон у піщаних ґрунтах. Критична швидкість потоків, що еродують, – більше 0,7 м/с, мінімальні безпечні ухили поверхні становлять менше 1,5-2° [3]. Небезпека розвитку термоерозії полягає в утворенні яружних форм, по днах яких відбувається формування водних потоків, здатних викликати лінійний розмив ґрунтів шару, що відтає, з наступним врізанням водних потоків у мерзлі ґрунти на схилах і бровках терас, перехоплення поверхневого стоку і його концентрації з параметрами, що перевищують критичні. Безумовно, комплекс цих процесів призводить до підвищення навантажень на трубопровід.

Одним з геологічних процесів, що призводять до катастрофічних наслідків, є соліфлюкційні потоки, серед яких найнебезпечнішими з огляду впливу на трубопровід виступають криогенні спливи й відкриті соліфлюкційні потоки. Ці типи потоків варто віднести до водно-грязьових нестаціонарних схлипових потоків. Криогенні спливи являють собою величезні маси відталого шару ґрунту площею до 10 тис. м<sup>2</sup>, які при порушенні динамічної рівноваги схилу зміщуються зі швидкістю до 10 м/с у вигляді дерново-ґрунтових блоків, шарів, валів та інших утворень. Найбільш активними спливи бувають у межах території з порушенням поверхневим покривом, ділянках прокладання трубопроводів у насипі й підземних трубопроводах з позитивною температурою газу, що транспортується. Супутніми факторами, що інтенсифікують процес соліфлюкції, є ступінь льодовистості порід і крутизна схилів.

Неоднорідні геологічні, геоморфологічні та кліматичні умови Закарпатської області зумовлюють істотні відмінності у характері водного режиму річок, для більшості яких особливим є формування паводків протягом усього року. На схилах формуються тимчасові руслові водні потоки, що інтенсифікують ерозійні процеси та

викликають руйнування ґрунтового покриву. Проведення польових досліджень у межах Свалявського та Воловецького районів Закарпатської області підтвердило значний руйнівний вплив на техногенні комплекси селєвих потоків, детальна оцінка яких буда наведена у наступних публікаціях.

Для оцінки впливу потоків на функціонування інженерних комплексів необхідною є розробка спеціального програмного модуля, що розраховує гідродинамічний опір інженерної споруди при обтіканні її водним, водно-грязьовим та грязьовим потоком. Так, для трубопровідних систем головними вхідними параметрами задачі виступають: кінематична в'язкість рідини,  $\mu$  (н сек/м<sup>2</sup>); густина рідини,  $\rho$  (кг/м<sup>3</sup>); діаметр труби,  $D$  (м); глибина потоку,  $H$  (м); кут між напрямком потоку та поздовжньою віссю труби,  $\alpha$  (град.); відстань від вісі труби до дна,  $H_d$  (м); швидкість потоку,  $V$  (м/сек); кут нахилу схилу  $\phi$  (град.). Вихідним та кінцевим параметром розрахунків є погонне навантаження на трубопровід  $F$  [н/м] [4].

**Висновки.** Розроблені методичні основи визначення гідродинамічних навантажень на інженерні споруди дають можливість моделювання та оцінки впливу різних типів потоків на функціонування природно-техногенних систем. Ці дослідження є частиною комплексної інтегральної оцінки геологічного середовища з метою запобігання та мінімізації впливу небезпечних геологічних процесів на природно-техногенні системи [2]. Розроблена класифікаційна схема різних типів потоків надає можливість визначення параметрів потоків для розрахунків їх силового впливу на інженерні споруди.

1. Багарій І.Д., Блінов П.В., Гожиш П.Ф., Кожем'якін В.П. Активізація небезпечних геологічних явищ у Закарпатті як наслідок екстремальних паводків. – К, 2004. 2. Іванік О.М. Головні аспекти комплексної оцінки стану геологічного середовища для функціонування природно-техногенних трубопровідно-транспортних систем Західного Сибіру // Вісн. Київ. ун-ту. Геологія. – 2006. – Вип. 36. – С. 41-44. 3. Познаніч В.Л., Подборный Е.Е. Инженерная защита объектов газового комплекса от воздействия криогенных процессов // Газовая промышленность. – 2003. – № 9. – С. 76-79. 4. Шевчук В.В., Іванік О.М. Оцінка впливу потоків в'язких та в'язкопластичних середовищ на трубопровід у криолітозоні // Матеріали VII Міжнародної наукової конф. "Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища". – К., 2006. – С. 266-267.

Надійшла до редколегії 25.09.06

УДК 912:681.518

О.Є. Кошляков, канд. геол.-мін. наук, В.І. Мокієнко, асист.

## ОЦІНКА ВПЛИВУ КОМПЛЕКСУ ПРИРОДНИХ ТА ШТУЧНИХ ФАКТОРІВ ФОРМУВАННЯ ПОТОКУ ГРУНТОВИХ ВОД ЛІВОБЕРЕЖНОЇ ЧАСТИНИ М.КИЄВА

*Викладено підхід до оцінки гідродинамічної обстановки території з значним техногенним навантаженням. При оцінці застосовані аналітичні методи розрахунку та метод детермінованого моделювання. Отримані результати дають можливість кількісно оцінити та виявити переважний вплив різноманітних факторів формування потоку ґрунтових вод, що в свою чергу дозволяє оцінити процес підтоплення лівобережної частини м. Києва.*

*The approach to an estimation of a stream of underground waters at the left coast of Dnepr near Kiev is state. At examination the method of analytical calculations and underground water modeling system are utilized. In outcome it is possible to give a quantitative assessment of the factors of shaping underground water on left coast of Dnepr in region of Kiev. The estimation of process of hoisting of a level of underground water in this region is carried out.*

**Актуальність проблеми.** На сьогодні проблема оцінки, прогнозування та запобігання розвитку такого негативного явища, як підтоплення, є дуже актуальною для території України, зокрема, для промислово-міських агломерацій. Процес підтоплення – це комплексний процес, який може відбуватися як під дією природних, так і техногенних факторів. Серед природних чинників підтоплення слід виділити формування критичного рівня ґрунтових вод в багатоводні роки і в періоди паводків та злив. За природних умов підтоплення може відбуватися також на ділянках з порушенням балансом ґрунтових вод – коли зниження природного дренажу певної локальної пло-

щі призводить до збільшення її живлення. Процес підтоплення погіршує екологічні параметри верхньої зони геологічного середовища, порушує її взаємодію з біосферою, поверхневою гідросферою, атмосферою. Підтоплення відбувається внаслідок дії таких техногенних факторів, як будівництво водосховищ, зрошувальних каналів, закриття вугільних шахт і припинення відкачування з гірничих виробок, замулювання русел рік, тощо. Також причиною підтоплення може бути відсутність дренажних систем, аварійний стан водопровідних і каналізаційних мереж. Певний вплив на цей процес має також і будівни-

цтво, пов'язане з закладенням глибоких підземних фундаментів та об'єктів тунельного типу.

**Аналіз проблеми.** Формування потоку ґрунтових вод на лівобережній частині м. Києва в сучасних умовах відбувається під впливом комплексу природних та штучних факторів, де переважаючим є вплив господарської діяльності людини. Лівобережна частина м. Києва несе значне техногенне навантаження і є однією з найбільш потенційно небезпечних територій з точки зору підтоплення.

Формування гідродинамічної обстановки на даній території відбувається під впливом комплексу факторів, головними серед яких можна вважати наступні:

- ✓ транзитний потік ґрунтових вод у напрямку до р. Дніпро;
- ✓ періодичні коливання рівня води в зоні впливу Канівської ГЕС;
- ✓ підпір ґрунтових вод за рахунок Канівської ГЕС;
- ✓ природне інфільтраційне живлення ґрунтових вод;
- ✓ інфільтраційне живлення ґрунтових вод за рахунок техногенних втрат.

**Методика та результати досліджень.** Потік ґрунтових вод, що формується на лівобережній частині м. Києва, з гідродинамічної точки зору класифікується як напівобмежений потік з межею у вигляді р. Дніпро. Крім того, виходячи з аналізу гідрогеологічного розрізу, потік ґрунтових вод можна класифікувати як безнапірний однорідно-шаруватий, приурочений до водовмісних порід, складених переважно дрібнозернистими та середньозернистими пісками різного віку. Базуючись на цих положеннях, можна використати відповідні розрахункові схеми теорії геофільтрації.

**Оцінка впливу періодичних коливань рівня води в зоні впливу Канівської ГЕС.** Сезонні коливання рівня води в р. Дніпро біля м. Києва формуються під впливом комплексу природних (кліматичних) та антропогенних (взаємодія роботи Київської та Канівської ГЕС) чинників. Водний режим р. Дніпро поблизу Києва до початку роботи Канівської ГЕС відображав в основному кліматичні фактори, дещо згладжені роботою Київської ГЕС, яка почала свою роботу в 1964 р. Характер зміни рівня води в р. Дніпро показаний на рис. 1.

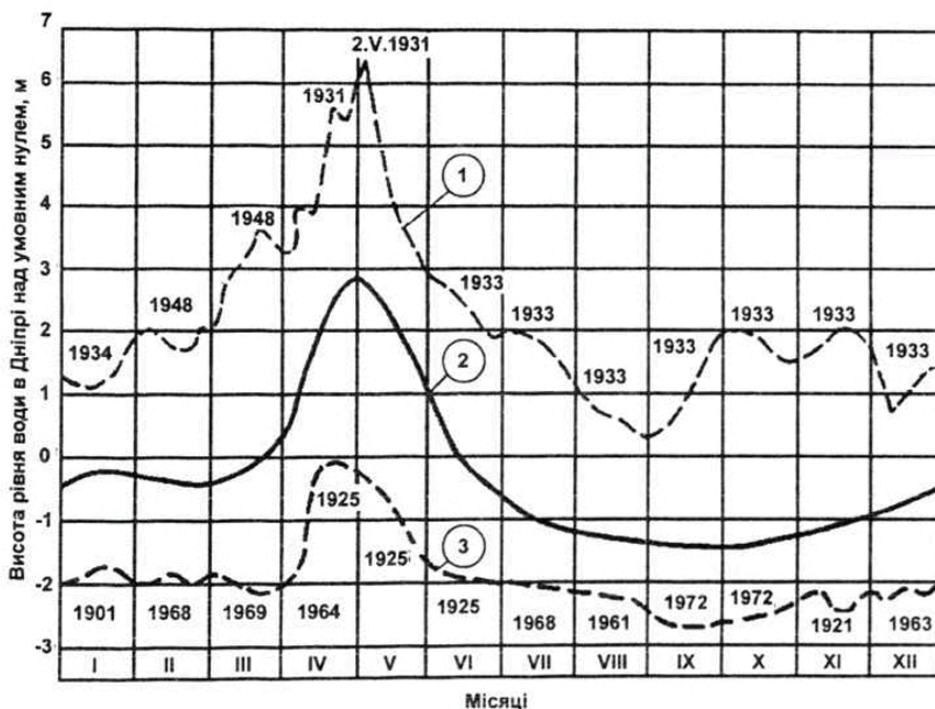


Рис. 1. Графік коливання рівня води в Дніпрі біля Києва: 1 – в багатоводний рік, 2 – в рік з середньою водністю, 3 – в маловодний рік [1]

Як видно з рисунка, незалежно від водності року на гідрографі чітко виражена весняна повінь, літня та зимова межень та осінні дощові паводки. При цьому діапазон коливань рівня води на протязі року складає приблизно 6 м в багатоводний рік, 4 м в рік з середньою водністю та біля 2 м в маловодний рік.

Після введення в дію Канівської ГЕС водний режим Дніпра набув певних змін. Так, виходячи з даних спостережень (рис. 2), видно, що основні природні фази коливання води хоча і присутні, але в той же час дуже згладжені впливом Канівського водосховища.

При цьому різниця максимальних та мінімальних відміток рівня води в Дніпрі біля Києва на протязі року складає 0,8 – 1,0 м. Такий режим викликає явище підпіру ґрунтових вод, що в свою чергу сприяє процесам підтоплення території лівобережної частини м. Києва.

Вплив періодичних коливань горизонту води у Дніпрі на зміну поверхні ґрунтових вод поширюється на обмежену відстань. Визначення цього впливу може бути оцінене по формулі Асатура [3]:

$$L = \sqrt{2\pi k h t_n} / \mu,$$

де  $L$  – відстань від урізу води у водоймі, на якій припиняється вплив зміни рівня підземних вод, м;  $h$  – потужність водоносного горизонту, м;  $t_n$  – найбільший півперіод коливання горизонту води у водоймі, діб;  $k$  – коефіцієнт фільтрації водовмісних порід, м/діб;  $\mu$  – коефіцієнт гравітаційної водовіддачі водовмісних порід.

Величина півперіоду коливань рівня в Дніпрі визначається за даними режимних спостережень і складає приблизно 90 діб. Приймаючи, на основі літературних даних, величину коефіцієнту фільтрації 5 м/діб [3], величину середньої потужності потоку 32 м [2] та коефіцієнту гравіта-

ційної ємності 0,2 [3], отримуємо величину  $L = 675$  м. Враховуючи можливі зміни значення коефіцієнту фільтрації, ця величина може досягати 950 м. Отриманий результат дає можливість зробити висновок, що періодичні коливання рівня води в Дніпрі поширюються на прибережну смугу

шириною до 1 км, а тривалість періоду цих коливань досить значна. Це в свою чергу уповільнює розвантаження потоку ґрунтових вод у р. Дніпро, ускладнює явище підпору підземних вод і сприяє тим самим розвитку процесу підтоплення території лівобережжя м. Києва.

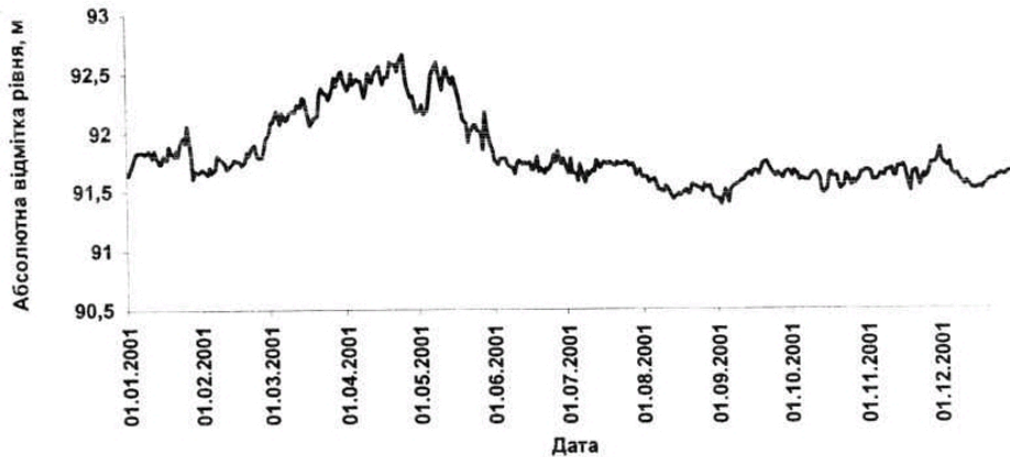


Рис. 2. Графік коливання рівня вод в р. Дніпро біля Києва в умовах впливу Канівського водосховища

Оцінка підпору ґрунтових вод за рахунок Канівської ГЕС. Відомо, що процес підпору ґрунтових вод змінюється на протязі часу і закінчується формуванням усталеного підпору. При визначенні характеру розвитку підпору під впливом дії Канівської ГЕС потік ґрунтових підземних вод схематизувався як відкритий напівобмежений. Приймалося, що зміна напору на межі потоку відбулась миттєво в порівнянні з часом розвитку підпору. Величина інфільтраційного живлення вважається сталою величиною. Розв'язок відповідної задачі запропонований В.М.Шестаковим [3].

Для відкритого безнапірного потоку розв'язок має такий вигляд:

$$y^2 = h^2 + (y_0^2 - h^2) \operatorname{erfc}(\lambda),$$

де  $y$  – потужність потоку ґрунтових вод в результаті підпору на відстані  $x$  від межі, м;  $y_0$  – потужність потоку ґрунтових вод на межі, м;  $h$  – потужність потоку ґрунтових вод до підпору на відстані  $x$  від межі, м;  $t$  – час, днів.

Аргумент  $\lambda$  функції  $\operatorname{erfc}(\lambda)$  визначається залежністю

$$\lambda = x / 2 \sqrt{a_p t},$$

де  $a_p$  – коефіцієнт рівнепродності, м<sup>2</sup>/днів.

Прийнявши на основі літературних даних величину коефіцієнту фільтрації 5 м/днів [3], величину середньої потужності потоку 32 м [2] та коефіцієнту гравітаційної ємності 0,2 [3], отримуємо величину коефіцієнту рівнепродності 800 м<sup>2</sup>/днів. За таких вихідних умов теоретичний розрахунок розвитку підпору в часі свідчить, що на території досліджень з точністю до 0,01 м підпір повинен був практично стабілізуватись приблизно через два роки після заповнення Канівського водосховища. Цей факт підтверджується даними гідрогеологічних спостережень на території Дарницького промислового вузла. Виходячи з отриманих результатів можна зробити висновок про те, що територія лівобережної частини м. Києва зараз знаходиться в зоні впливу усталеного підпору ґрунтових вод за рахунок Канівської ГЕС.

Оцінка величини інтенсивності інфільтраційного живлення потоку ґрунтових вод. Інфільтраційне живлення є наслідком впливу природних та антропогенних факторів. Для визначення величини інтенсивності інфільтраційного живлення під впливом природних факторів взяті значення величини річної суми атмосферних опадів

на період 1974 та 2002 років. Відповідно вони складають 677 мм/рік та 697,6 мм/рік (за даними Гідрометслужби).

За даними Р.Келлера [4] для країн центральної Європи величини інфільтраційного живлення складає 4,75 % від суми атмосферних опадів в період літньої межени. Виходячи з цього, отримуємо такі розрахункові величини інтенсивності інфільтраційного живлення: 0,0000976 м/днів на період 1974 року та 0,0001 м/днів на період 2002 року. Як бачимо, отримані результати практично співпадають. Тому можна прийняти, що природна величина інтенсивності інфільтраційного живлення в 1974 та 2002 роках становила 0,0001 м/днів.

Використання гідрогеологічної моделі потоку ґрунтових вод території досліджень для оцінки величини інтенсивності техногенного інфільтраційного живлення. Профільна гідрогеологічна модель лівобережної частини м. Києва створювалась на основі розрахункової схеми безнапірного потоку підземних вод, де однією з границь є р. Дніпро (гранична умова I роду), а другою межею є зона контакту заплави р. Дніпро та першої надзаплавної тераси (гранична умова II роду). На межі заплави і першої надзаплавної тераси прийнята відмітка гідродинамічного напору складає 103 м (що відповідає питомій витраті потоку підземних вод 0,05 м<sup>3</sup>/днів). Відмітки підшови водоносного горизонту визначена за допомогою електронної карти рельєфу м. Києва та інженерно-геологічного розрізу даної території.

Коригування гідрогеологічної моделі на період 1974 року та 2002 року виконувалось шляхом підбору величини інтенсивності інфільтраційного живлення потоку ґрунтових вод з метою отримання в результаті значень гідродинамічного напору, що відповідають даним режимним спостережень.

На першому етапі була визначена величина інтенсивності інфільтраційного живлення на період до впливу Канівської ГЕС (1974 рік). За початкове розрахункове значенням гідродинамічного напору на межі прийнята величина 89 м (відмітка рівня води в р. Дніпро на розрахунковий момент часу). Модельний розрахунок показав, що при величині інтенсивності інфільтраційного живлення 0,0001 м/днів результати визначення таким чином гідродинамічного напору співпадають з даним режимним спостережень з точністю до 0,2 м. Отже, отримана на моделі величина інтенсивності інфільтраційного живлення відповідає природній.

На наступному етапі була визначена величина інтенсивності інфільтраційного живлення на 2002 року. Для цього була змінена початкове розрахункове значення гідродинамічного напору на межі до 91,7 м, що відповідає даним Гідрометслужби про рівень води в р. Дніпро на вказаний період часу. Розрахунок на моделі показав, що при величині інтенсивності інфільтраційного живлення 0,00024 м/дб результати співпадають з точністю до 0,36 м.

Отже, при наявності майже однакової природної інтенсивності інфільтраційного живлення 0,0001 м/дб у 1974 та 2002 роках, величина інтенсивності інфільтраційного живлення на період 2002 року перевищує природну в 2,4 рази. Таке перевищення може бути пояснено лише впливом техногенних втрат з водних комунікацій на території промислової зони. Тому можна припустити, що величина інтенсивності техногенного інфільтраційного живлення ґрунтового потоку на період 2002 року складала 0,00014 м/дб.

**Висновки.** Основними природними та антропогенними факторами, що впливають на формування гідродинамічної обстановки на ділянці досліджень, можна вважати:

- ✓ транзитний потік ґрунтових вод у напрямку до р. Дніпро;
- ✓ режим рівня р. Дніпро в районі м. Києва (періодичне коливання рівня в зоні впливу Канівської ГЕС);
- ✓ підпір підземних вод за рахунок Канівської ГЕС;
- ✓ природне інфільтраційне живлення по площі;

УДК 550.83+550.832.5

✓ техногенні втрати з водних комунікацій.

Через територію досліджень проходить транзитний потік ґрунтових вод в бік р. Дніпро, який формується за рахунок інфільтраційного живлення на міжріччі р.р. Дніпро і Трубих.

Аналіз режиму зміни рівнів показав, що добові коливання рівня води в р. Дніпро незначні (0,4-0,5м), а їх вплив може проявлятися лише безпосередньо в районі берегової смуги.

Територія досліджень зараз знаходиться в зоні усталеного підпору ґрунтових вод, викликаного дією Канівського водосховища.

Очевидно, на території досліджень має місце інтенсивне інфільтраційне живлення потоку ґрунтових вод, в якому суттєво представлена техногенна складова. На період 2002 року вона перевищувала природну в 2,4 рази.

1. Прох Л.З. Клімат Києва. – К.: Видавництво "Урожай", 1973. – 61 с.
2. Маков К.И. Гидрогеологический очерк г. Киева. 1948. – 377с. 3. Жернов И.Е. Динамика подземных вод. Киев, "Вища школа". 1982. – 323 с.
4. Гидрогеология Ин-т геол. наук. – Киев: Наук. думка, 1975. – 348с.
5. Вижева С.А. Геофізичний моніторинг небезпечних геологічних процесів. – К.: ВГЛ "Обрії", 2004. – 236 с. 6. Екологічне управління: підручник / В.Я. Шевчук, Ю.М. Саталкін, Г.О. Білявський та ін. – К.: Либідь, 2004. – 432 с. 7. Кошляков О.Е. Гидрогеологичне моделювання: Підручник – К.: ВПЦ Київський університет, 2003. – 79 с. 8. Іщук О.О., Коржнев М.М., Кошляков О.Е. Просторовий аналіз і моделювання в ГІС. Навч. посіб. – К.: ВПЦ "Київський університет", 2003. – 200 с.

Надійшла до редакції 19.02.07

О.А. Диняк, студ., С.І. Дейнеко, нач. відділу геофізики

## ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ З МЕТОЮ МОНІТОРИНГУ НЕБЕЗПЕЧНИХ ГЕОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ТЕРИТОРІЇ РІВНЕНСЬКОЇ АЕС

*Створена база даних режимних геофізичних спостережень за станом ґрунтів на території Рівненської АЕС з використанням ГІС технологій.*

*The database of operating geophysical observation of the Rivne Nuclear Power Plant site soil conditions using GIS (Geoinformation Systems) technologies was created.*

Моніторинг за станом геологічного середовища на території розташування потенційно небезпечних об'єктів є одним із найбільш ефективних підходів до запобігання катастроф та їх негативних наслідків. Саме поняття "моніторинг" сьогодні в світовому товаристві розглядається як система спостережень за станом об'єкта вивчення, відображення динаміки змін, що в ньому відбуваються, прогнозу розвитку ситуацій в просторі та часі. [1]

Принципи побудови системи моніторингу довкілля на сьогодні достатньо розроблені і ґрунтуються на сучасній концепції моніторингу, що враховує "цикл моніторингу" – спостереження, оцінку, прогноз та управління станом довкілля з відповідними зворотними зв'язками [4].

Однією з основних задач об'єктного моніторингу є контроль за станом геологічного середовища на територіях розміщення потенційно небезпечних об'єктів, одним із яких на території України є Рівненська атомна електростанція (РАЕС).

На території РАЕС встановлено наявність карсто-суфозійних процесів. Карст представляє собою сукупність геологічних, гідрогеологічних і (або) техногенних процесів і явищ, які пов'язані з розчиненням твердих гірських порід, внаслідок чого відбуваються зміни структури і стану цих і вище залягаючих порід, утворення каверн, пустот, тріщинуватих, розуцільнених зон і пов'язаних з ними деформацій земної поверхні та фундаментів споруд (провали, просідання) [2].

До карстових районів, згідно будівельних правил, відносяться території, в геологічному розрізі яких присутні розчинні гірські породи (вапняки, доломіти, крейда, гіпс, ангідрити, кам'яна сіль тощо) і де можливі поверхневі і/або підземні прояви карсту [2].

Досліджувана площа РАЕС (потенційно небезпечний об'єкт) знаходиться на території крейдяного карсту.

Суфозія (від лат. *suffosio* – підкопування) – це процес хімічного і механічного руйнування та виносу потоками підземних вод окремих компонентів і крупних мас дисперсних й зцементованих уламкових порід, у тому числі тих, що складають структурні елементи скельних масивів.

Приймаючи до уваги, важливість об'єкта і враховуючи, що прогноз стійкості територій розвитку карсту із-за дискретності розвитку і поширення карстових форм, а також із-за складності картування підземних карстових порожнин є складним завданням, на території РАЕС починаючи з 1983 року біля головних споруд РАЕС здійснюється постійний моніторинг довкілля з багатопольовою системою, що містить великі обсяги різноманітної інформації. Великі обсяги даних, традиційні "ручні" методи накопичення, обробки та аналізу наявної моніторингової інформації не можуть забезпечити необхідну оперативність та ефективність. У зв'язку з цим і з огляду на необхідність відслідковування тенденцій розвитку карстових процесів, необхідно створити геоінформаційну систему з використанням сучасних комп'ютерних технологій.

З цією метою було створено інформаційно-аналітичну систему моніторингу небезпечних геологічних процесів, яка передбачає спостереження, збір, обробку, передачу, збереження та аналіз інформації про стан ґрунтів, прогнозування змін і розробку науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень щодо запобігання негативних наслідків.

Оперативність та ефективність аналітичного процесу забезпечує використання сучасних ГІС-технологій.