

ГЕОІНФОРМАТИКА

УДК 550.832

С. Вижва, д-р геол. наук, С. Дейнеко, канд. геол. наук, О. Асташкіна, асп.

ЗАСТОСУВАННЯ РАДІОАКТИВНИХ МЕТОДІВ В СИСТЕМІ ГІДРОГЕОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ТЕХНОГЕННО-НАВАНТАЖЕНИХ ТЕРИТОРІЙ

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

Розглядається досвід застосування радіоактивних досліджень для визначення гідрогеологічних параметрів ґрунтів. Обґрунтовано можливість застосування коефіцієнту водонасичення, що отриманий за даними густинного гамма-гамма каротажу та надтеплого нейтрон-нейтронного каротажу, для визначення глибини залягання рівня ґрунтових вод.

Experience of application of radioactive researches for definition hydro-geological soils parameters is considered. Possibility application degree of saturation, which received by the gamma-gamma density logging and neutron-neutron overthermal logging data, for depth definition ground waters level is proved.

Однією із найбільш актуальних геофізичних задач на сьогодні є проблема моніторингу геологічного середовища з метою запобігання негативних змін, що можуть призвести до природно – техногенних катастроф. Для територій міської та промислової забудови характерними є техногенний вплив на геологічне середовище та режим підземних вод. На цих територіях вивчення та моніторинг режиму підземних вод є обов'язковим в силу впливу техногенних факторів на стан підземної гідросфери, значних ризиків розвитку небезпечних геологічних процесів. Спостереження за режимом підземних вод починаються на стадії вишукувань під будівництво (природний режим) і повинні тривати надалі, вже як моніторингові дослідження з метою визначення впливу різноманітних штучних факторів (витоків з різних трубопроводних систем, скидання стічних вод, навантаження фундаментів будівель та споруд, дії дренажів, регулювання поверхневого стоку та ін.) [2].

Як показують дослідження в роботах [4, 6], кількість спостережних гідрогеологічних свердловин, особливо на територіях міст та територіях розташування потенційно небезпечних об'єктів, є недостатньою для контролю за режимом підземних вод. У зв'язку з цим актуальними є дослідження, що дозволяють отримувати таку інформацію на основі обробки і інтерпретації результатів робіт, що проводились для інших цілей – зокрема, геофізичних досліджень, що виконувались з метою визначення інженерно-геологічних характеристик ґрунтів, які необхідні для забезпечення проектування для будівництва цивільних та промислових об'єктів.

Найбільш поширеними класичними геофізичними методами, що використовуються при побудові карт гідрогеологічних параметрів, є сейсмічні та електричні методи, можливість використання яких для задач гідрогеології ґрунтується на суттєвому контрасті швидкостей повздовжніх хвиль і питомого електричного опору (ПЕО) в сухих та повністю водонасичених ґрунтах [5]. Однак ефективність таких досліджень значно понижуються на промислово навантажених територіях у зв'язку зі значним рівнем промислових завад та неможливістю, в більшості випадків, дотримання методики польових геофізичних досліджень.

В той же час на територіях багатьох населених пунктів проводяться радіоактивні дослідження, які стійкі до високого рівня промислових завад. Завданням цих досліджень є визначення густини та вологості ґрунтів – характеристик, які згідно до вимог нормативних документів України мають бути надані для проектування і будівництва цивільних та промислових об'єктів.

Радіоактивні методи використовують здатність ґрунтів по різному розсіювати та послаблювати іонізуюче випромінювання. Головними параметрами, що впливають на процеси розсіювання і послаблення, є густина та вологість ґрунту.

Для визначення густини ґрунтів застосовується густинний гамма-гамма каротаж (ГГГК), в комплексі з гамма каротажем (ГК), при цьому використовується функціональна залежність між густиною середовища і послабленням гамма-випромінювання в середовищі. Джерело жорстких гамма-квантів є Cs^{137} з енергією гамма-квантів 0,66 MeV.

Для визначення вологості ґрунтів застосовується надтепловий нейтрон-нейтронний метод (НННМ). Використовується функціональна залежність між вмістом водню в середовищі, що залежить від вологості, і щільністю потоку теплових нейтронів, що реєструються. Використовується плутон берилієве джерело нейтронів, з середньою енергією нейтронів 4,5 MeV.

Методи радіоактивного каротажу вологості полягають у вивченні через свердловини її просторового розподілу у товщі ґрунтів. Це також практично єдині методи абсолютних вимірювань вологості ґрунтів безпосередньо у масиві їх залягання, тобто без підняття керна.

Методи забезпечують достатню точність вимірювань, вони не трудомісткі, високооперативні, до того ж дозволяють практично повністю механізувати весь вимірювальний процес.

Вхідними даними для розрахунку густини ґрунту (ρ) і об'ємної вологості ($w_{об}$) є матеріали польових вимірювань і тарировочні криві приладів. Оскільки між характеристиками властивостей ґрунтів існує функціональний зв'язок, то за цими двома параметрами визначаються розрахункові показники густини сухого ґрунту (ρ_d) і вагова вологість (w). Також можливо обчислити коефіцієнт пористості (e) і коефіцієнт водонасичення (S_r) [1].

S_r – ступінь заповнення об'єму пор водою. Визначається за формулою:

$$S_r = \frac{W\rho_s}{e\rho_w}$$

де W – природна (вагова) вологість ґрунту, д.о.; ρ_s – густина часток ґрунту, г/см³; ρ_w – густина води, що приймається до 1 г/см³; e – коефіцієнт пористості, який розраховується за формулою [1]:

$$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d}$$

Коефіцієнт водонасичення S_r виражають в долях одиниці, в залежності від його значення ґрунти поділя-

ють на слабовологі (0-0,5), вологі (0,5-0,8), та насичені (0,8-1,0). Спираючись на наведену класифікацію в розрізі свердловин можна виділити границю водонасичених ґрунтів (яка характеризується значенням $Sr > 0,8$), а отже – рівень підземних вод.

Отже, інтерпретуючи дані радіоактивних методів, можна отримати додаткові дані про рівень ґрунтових вод (РГВ) та інші інженерно-геологічні умови.

Унікальним полігоном з точки зору перевірки можливостей застосування геофізичних методів для вирішення гідрогеологічних і інженерних задач є проммайданчик атомних електростанцій, на території яких протягом багатьох років проводяться комплексні режимні спостереження за станом геологічного середовища.

Так, на території Рівненської атомної електростанції (РАЕС) діє сітка режимних гідрогеологічних свердловин для різних водонасичених горизонтів, зокрема, більш ніж 140 свердловин, за допомогою яких контролюється РГВ [3].

Крім цього, по периметру основних споруд розташована мережа, яка включає понад 200 спостережних геофізичних свердловин, що контролює стан крейдової товщі та покриваючих її дисперсних ґрунтів.

Проммайданчик РАЕС характеризується складними інженерно-геологічними умовами в зв'язку з наявністю в

геологічному розрізі карстуючих крейдових порід, та при певних обставинах – можливість активізації суфозійно-карстових процесів, що в основному пов'язані з порушенням хімічного складу та природного режиму підземних вод.

Отже, в умовах РАЕС гідрогеологічний моніторинг розглядається не лише як система спостережень за підземними водами, а також як елемент карстологічного моніторингу. Карстологічні спостереження, гідрогеологічні спостереження, геофізичний моніторинг (спостереження за станом ґрунтів) на території РАЕС здійснює ДП КІВД "Енергопроект".

Авторами було проаналізовано матеріали радіоактивних досліджень ґрунтів по 30 свердловинах, які розташовані на території проммайданчика РАЕС за період з 1984 по 2008 роки. На основі аналізу отриманого коефіцієнту водонасичення Sr , по кожній з 30 свердловин, проводилось визначення глибини залягання рівня ґрунтових вод для кожної свердловини. Приклад таких розрахунків по одній із свердловин наведено на рис. 1, де РГВ, відбитий за гідрогеологічними даними, співпадає з РГВ, який можна виділити за коефіцієнтом водонасичення.

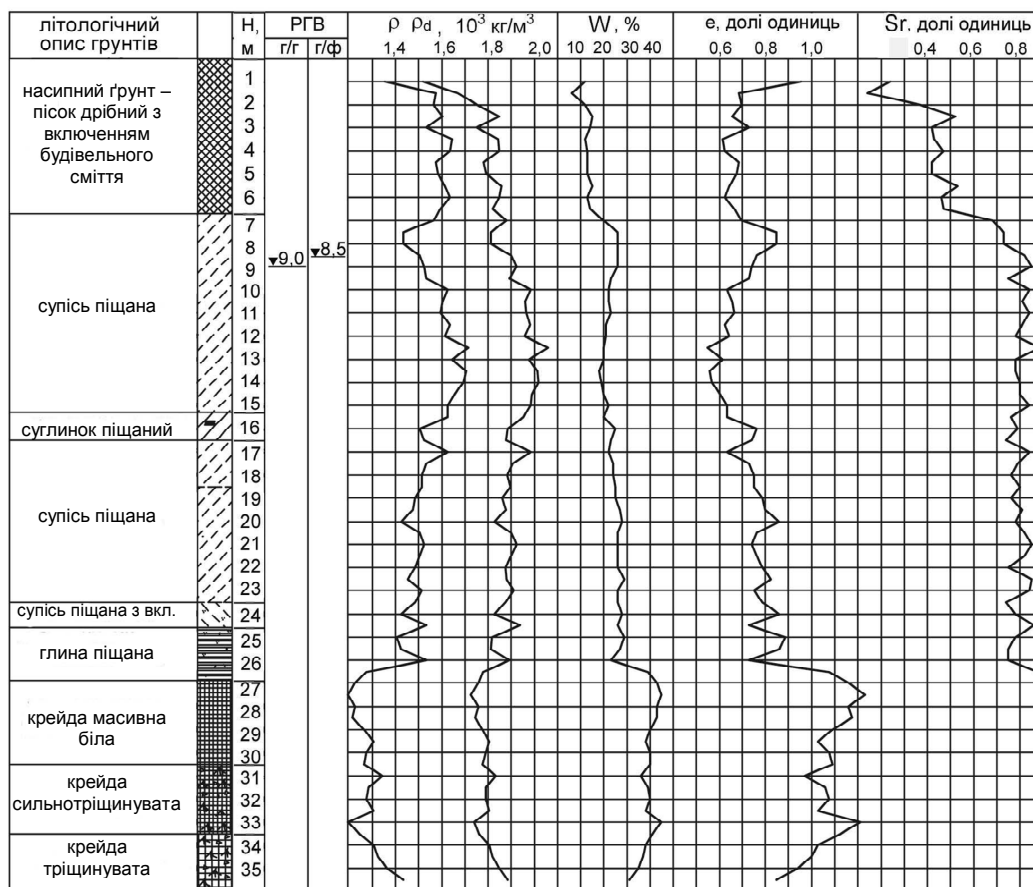


Рис 1. Відбиття рівня ґрунтових вод по свердловині № 72 за даними радіоактивних досліджень і гідрогеологічних спостережень (2008 рік)

Отриманий масив даних про положення РГВ було осереднено для всіх свердловин в межах певного року. На основі цих матеріалів побудований графік, що ілюструє динаміку зміни рівня ґрунтових вод у часі за даними геофізичного моніторингу (рис. 2).

Співставлення отриманого графіка з даними матеріалів режимних гідрогеологічних спостережень дає змогу

стверджувати, що радіоізотопні дослідження можуть бути успішно використані при вирішенні задачі визначення рівня підземних вод. На їх основі можливо проводити моніторинг РГВ на територіях розташування промислових та цивільних об'єктів.

Радіоактивні методи досліджень широко використовуються для визначення густини та вологості:

– насипних ґрунтів при підготовці майданчиків під будівництво (для отримання дозволів на монтування висотних кранів);

– ґрунтів в природному заляганні для проектуванні фундаментів споруд; визначення сейсмічної жорсткості ґрунтів при сейсмічному мікрорайонуванні;

– при інженерно-геологічних роботах в системах моніторингу за станом геологічних середовищ та пром-майданчиків АЕС.

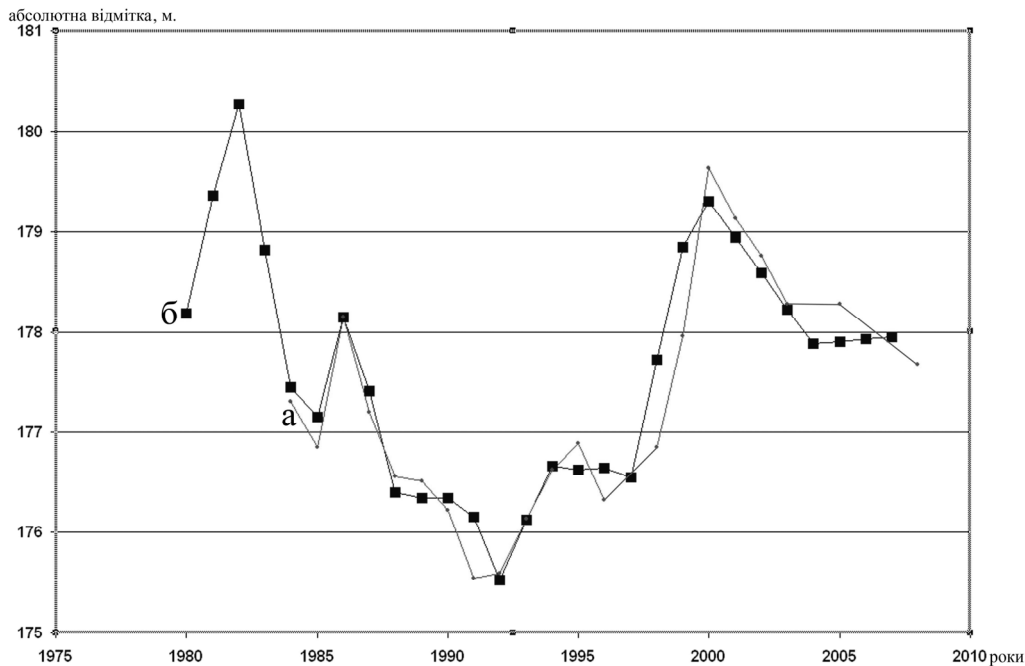


Рис. 2. Графік зміни абсолютної відмітки рівня ґрунтових вод за роками:
а – за матеріалами радіоактивних досліджень; б – за матеріалами гідрогеологічних спостережень

Радіоактивні дослідження в комплексі методів по вивченню характеристик ґрунтів займають провідне місце. Це обумовлено тим, що вони дозволяють отримати інформацію про стан ґрунтів в природному заляганні на різних глибинах геологічного розрізу. Необхідно відзначити, що це особливо важливо при інженерно-геологічних вишукуваннях, так як відбір зразків ґрунтів з відповідних глибин досить часто є проблематичним, особливо якщо ґрунти незв'язні.

Отже, як показують приведені вище результати успішного використання матеріалів радіоактивних досліджень для визначення гідрогеологічних характеристик і в зв'язку з тим, що обсяг цих робіт є досить значним на стадії вишукувань, логічним виглядає використання даних радіоактивних методів для контролю РГВ та моніторингу за процесами підтоплення ґрунтів.

1. ГОСТ 23061-90 "Грунты. Методы радиоизотопных измерений плотности и влажности" 2. Інструкція з проведення моніторингу підземної гідросфери та інженерно-вишукувальних робіт у зв'язку із підтопленням територій міст та селищ України. 3. Комплексная программа мониторинга геологической среды и природно-техногенной системы РАЭС – геологическая среда. ГП КИИЗИ ЭП, 2003. 4. Кошляков О.Е., Диняк О.В. Вивчення процесу підтоплення території долин малих річок м. Києва із застосуванням геоінформаційних технологій / Зб. матер. Міжн. наук.-практ. конф. "Перший Всеукраїнський з'їзд екологів. (ECOLOGY-2006)". 5. Цюпа І.В., Демідов В.К., Заславська О.В. Оцінка методів побудови карт рівнів ґрунтових вод на прикладі мікрорайону Позняки в місті Києві // Вісн. Київ. ун-ту. Сер. Геологія. 2008. – №45. – С.59–62. 6. Овчинников В.И., Монахов В.В., Урусова А.В., Клепикова С.М. (ООО "НПЦ ГЕОТЕХ"). Особенности применения геофизических методов при решении гидрогеологических задач /info@geotech.ru

Надійшла до редколегії 15.11.09