РАДІОЕКОЛОГІЧНА ЛАБОРАТОРІЯ ДП "ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ІНЖЕНЕРНИЙ ЦЕНТР СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ТА АВАРІЙНОГО РЕАГУВАННЯ"

(інформаційне повідомлення)

2000 року до структурного складу відділу радіоекології Державного підприємства "Державний науково-інженерний центр систем контролю та аварійного реагування" (ДП "ДНІЦ СКАР") введено вимірювальну радіоекологічну лабораторію. Лабораторія атестована Всеукраїнським державним науково-виробничим центром стандартизації, метрології, сертифікації та захисту прав споживачів (ДП «Укрметртестстандарт») (реєстраційний номер свідоцтва про атестацію № ПТ-180/11, дійсне до 13.06.2016) і має право на проведення вимірювань у сфері поширення державного метрологічного нагляду відповідно до галузі атестації.

Галузь атестації радіоекологічної лабораторії поширюється на визначення таких радіаційних показників:

- питомої активності альфа-, бета- та гамма-випромінюючих радіонуклідів — для об'єктів навколишнього природного середовища (проб ґрунту, рослинності, води, повітря) та продуктів харчування;
- питомої активності гамма-випромінюючих радіонуклідів — для будівельних матеріалів природного походження, промислового виробництва та відходів промислового виробництва;
- потужності еквівалентної дози і поверхневої щільності альфа- та бета-активностей — для приміщень, робочих поверхонь, спецодягу, засобів індивідуального захисту тощо;
- еквівалентної рівноважної об'ємної активності радону — для повітря приміщень житлових та нежитлових споруд і будівель.

ДП "ДНІЦ СКАР" розроблено та затверджено методики відбору та підготовки проб навколишнього середовища і методики вимірювання щільності та концентрацій забруднення альфа-, бета-, гамма-випромінюючими радіонуклідами. Методики, пов'язані з вивченням радіаційного забруднення ґрунтів, зібрано в нормативному документі Міністерства енергетики та вугільної промисловості України СОУ-Н ЯЕК 0.030:2012 «Виконання польових та лабораторних робіт з дослідження радіаційного стану ґрунтів для виявлення впливу на них підприємств ядерно-енергетичного комплексу України. Методичні вказівки».

Для проведення вимірювань радіоекологічну лабораторію ДП "ДНІЦ СКАР" укомплектовано штатом висококваліфікованих фахівців, які мають значний досвід виконання робіт як у лабораторних, так і в польових умовах.

Лабораторія має необхідне вимірювальне обладнання:

- напівпровідникові HPGe-спектрометри з ефективністю реєстрації 30 %, 20 % та 15 %, до складу яких входять детектори GEM-30180, GEM-20180, EGPC15-190-R та комп'ютер з платою АЦП і сертифікованою програмою АК1-98;
- альфа-спектрометр ORTEC OCTETE з 8 детекторами альфа-випромінювання і комп'ютер із спектрометричною платою та відповідним програмним забезпеченням;
- професійний багатопараметричний радон-монітор AlphaGUARD (радіометр об'ємної активності радону-222 в повітрі);
- бета-радіометр РУБ-01П;
- портативні альфа-радіометри ESP-2 з блоками детектування АС3-7;
- портативні бета-радіометри ESP-2 з блоками детектування НР-360;
- портативні дозиметри-радіометри ДКС-96 з блоками детектування БДМГ 96.

Наведена нижче інформація стосується виконання польових досліджень та презентує можливості радіоекологічної лабораторії ДНІЦ СКАР щодо проведення безпосереднього вимірювання радіоактивного забруднення ґрунту (визначення альфа- і бета-забруднення та еквівалентної дози гамма-випромінення), гамма-сканування поверхні ґрунту з метою виявлення об'єктів радіоактивного випромінювання, які знаходяться на його поверхні або на глибині до 30 см, а також для відбору твердих частинок, що є в повітрі, методом прокачування з приповерхневого шару атмосфери на аерозольні фільтри.

Проведення безпосередніх вимірювань радіоактивного забруднення ґрунту

Для проведення безпосередніх вимірювань радіоактивного забруднення ґрунту лабораторія використовує альфа-, бета- та гамма-радіометри. На рис. 1 зображено стенд з вимірювальними приладами. На стенді ліворуч розташований бета-радіометр (реєструючий прилад ESP-2 з лічильником бета-частинок НР-360 виробництва США), у центрі — вимірювач потужності еквівалентної дози (гамма-радіометр ДКС-96 українського виробництва), а праворуч — альфа-радіометр (реєструючий прилад ESP-2 із сцинтиляційним лічильником альфа-частинок АС3-7 виробництва США). Всі прилади обладнані автономним живленням, мають незначну масу (до 2,5 кг) та можуть бути використані для польових робіт за температурних умов від –5 °С до +35 °С.

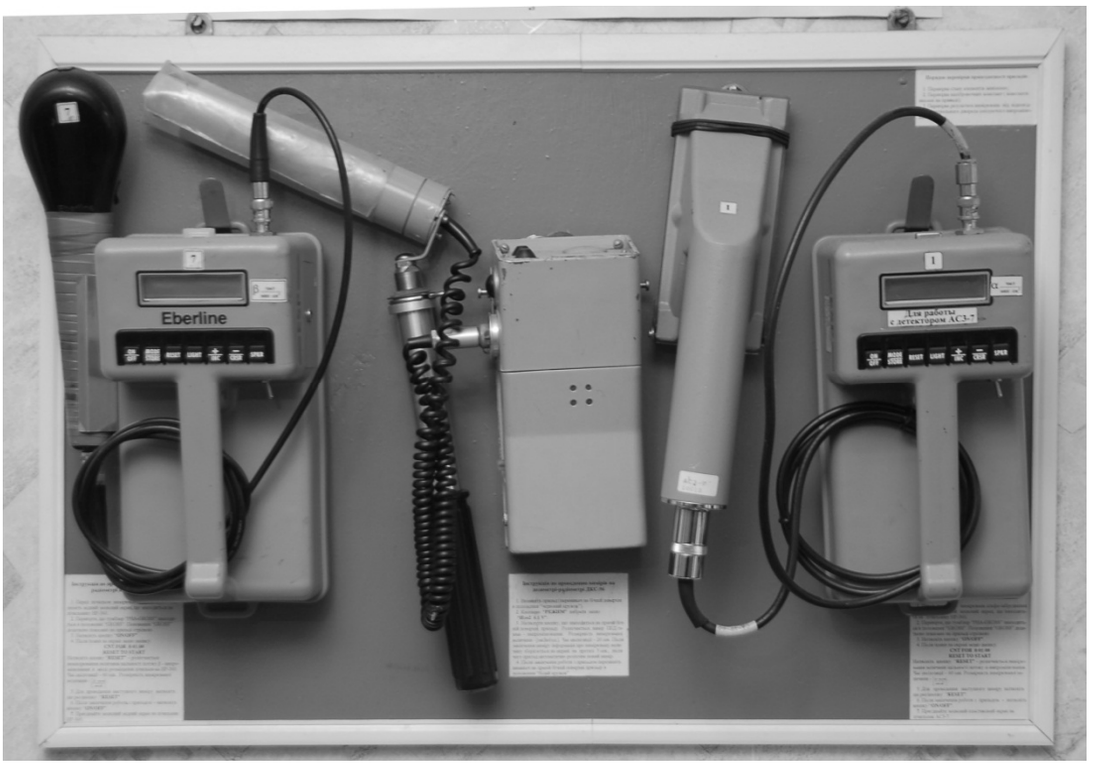

Рис. 1. Стенд з вимірювальними приладами радіоекологічної лабораторії

Рис. 2. Пристрій для гамма-сканування поверхні ґрунту “СКАНЕР”

Рис. 3. Аналізатор ВИОЛИНИСТ-III та реєструючий прилад ESP-2, що входять до складу пристрою “СКАНЕР”

Гамма-сканування поверхні ґрунту

Для гамма-сканування поверхні ґрунту лабораторія використовує пристрій "СКАНЕР" (рис. 2), за допомогою якого проводять пошук об'єктів гамма-випромінювання, що знаходяться на поверхні ґрунту або на глибині від 10 до 30 см, залежно від активності об'єкта випромінювання. Конструкція приладу містить два сцинтиляційні NaI(Tl)-детектори (виробництва США): SPA-3 з кристалом діаметром 2″ та висотою 2″ і 12I12B з кристалом діаметром 3″ та висотою 3″: один детектор працює з аналізатором ВИОЛИНИСТ-ІІІ (256 каналів) та визначає нукліди, що входять до складу знайдених об'єктів за їх гамма-спектрами, а інший працює з реєструючим приладом ESP-2 та визначає потужність експозиційної дози (мкР/год). Прилади живляться від акумуляторів впродовж не менше 6 год. Спектр з аналізатора ВИОЛИНИСТ-ІІІ може оброблюватись автономно або передаватися до персонального комп'ютера. В пам'яті реєструючого приладу ESP-2 можуть зберігатися результати 500 вимірів (рис. 3).

Сцинтиляційний NaI(Tl)-детектор 12I12B з кристалом діаметром 3″ та висотою 3″ використовується як чутливий гамма-детектор для оцінювання потужності експозиційної дози (ПЕД). Калібрування детектора здійснюється за допомогою об'ємного гамма-джерела Ra-226.

Із збільшенням потужності експозиційної фонової дози на 20 % прилад ESP-2 подає звуковий сигнал. Для підвищення чутливості детектор захищено з боків свинцевим коліматором, що розміщується на візку. Експозиція вимірювання становить 5 с. Після закінчення вимірювання впродовж 3 с прилад відображає отриманий результат та автоматично запускає наступне вимірювання.

Площа поверхні ґрунту, яку аналізує детектор, становить близько 1 м^2. Чутливість детектора така, що точкове джерело активністю 70 кБк, яке знаходиться на поверхні ґрунту на відстані 70 см від осі детектора, збільшує потужність зареєстрованої експозиційної дози більше ніж на 20 %. Таке саме збільшення спостерігається і при заглибленні цього джерела в ґрунт на 4 см.

Під час пересування пристрою "СКАНЕР" зі швидкістю 0,2 м/с детектор сканує та визначає перевищення дози на площі ґрунту 2 м^2 за одне вимірювання з експозицією 5 с. Завдяки значній ефективності реєстрації гамма-квантів цим детектором можна надійно обстежити поверхню ґрунту на ділянці розмірами 30×30 м менше ніж за 1,5 год.

Сцинтиляційний NaI(Tl)-детектор SPA-3 з кристалом діаметром 2″ та висотою 2″ використовується для визначення радіонуклідів за характерною енергією їх гамма-випромінення. Цей детектор оптимально налаштований на найкращу роздільну здатність, що становить 7,5 % для E_γ==662 кеВ та 5,1 % — для E_γ=1332 кеВ.

На рис. 4 наведено гамма-спектр ланцюга розпаду нукліда Ra-226 об'ємного гамма-джерела Ra-226 у ґрунті. В наведеному спектрі чітко ідентифікуються потужні лінії сімейства розпаду Ra-226 (табл. 1).

Таблиця 1. Гамма-лінії сімейства розпаду Ra-226

Лінії сімейства розпаду (E_γ), кеВ	Канал	Гамма-вихід лінії, %
295	26	19,3
351	32	37,3
609	58	46,1
1121	108	15,1
1764	170	16,0

У спектрі присутні також і слабкі гамма-лінії цього сімейства: 186 кеВ (гамма-вихід лінії 3,28 %), 1238 кеВ (гамма-вихід лінії 5,95 %), 1378 кеВ (гамма-вихід лінії 4,04 %), 2119 кеВ (гамма-вихід лінії 1,2 %), 2448 кеВ (гамма-вихід лінії 1,5 %).

Окрім цього, в спектрі спостерігається гамма-лінія ланцюга розпаду Th-232 з енергією 238 кеВ (гамма-вихід лінії 45 %), що обумовлено присутністю торію-232 в навколишньому фоні та в ґрунті об'ємного гамма-джерела.

Роздільні здатності для найінтенсивніших гамма-ліній з енергіями 609; 1121 та 1764 кеВ становлять 8,0, 5,5 та 4,8 %, відповідно, і доводять, що наявність об'ємного джерела не погіршує роздільної здатності детектора SPA-3. Цей детектор може бути використаний для вивчення розподілення радіонуклідів в ґрунті за допомогою шурфу до глибини 7 м.

Проведення гамма-спектрометричних каротажних вимірів ґрунту

Детально вивчати розподілення радіонуклідів у ґрунті до глибини 10 м можна за допомогою гамма-каротажного напівпровідникового HPGe-детектора EGPC 15-190-R (рис. 5). Детектор знаходиться в стані, готовому для заливання рідкого азоту. Його роздільна здатність близька до 1,5 кеВ для гамма-лінії 1332 кеВ. На рис. 6 показано установку для вивчення особливостей проведення гамма-каротажу за допомогою модельної свердловини з ПЕД 200 мкР/год.

Відбір проб аерозолів повітря методом прокачування з приповерхневого шару атмосфери на аерозольні фільтри

Для проведення гамма-відбору проб повітря методом прокачування з приповерхневого шару атмосфери на аерозольні фільтри радіоекологічна лабораторія використовує повітряні відбірники AirSamplerModel H-810 (виробництво США).

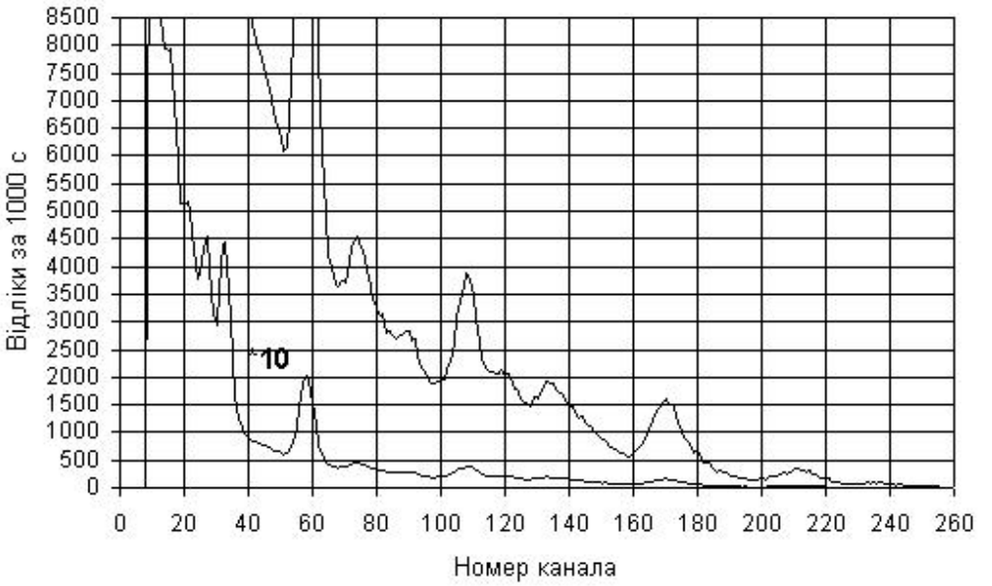

Рис. 4. Гамма-спектр ланцюга розпаду нукліда Ra-226, отриманий за допомогою сцинтиляційного NaI(Tl)-детектора SPA-3

Рис. 5. Напівпровідниковий HPGe-спектрометр для проведення гамма-каротажу

Рис. 6. Установка для вивчення особливостей проведення гамма-каротажу за допомогою модельної свердловини

Рис. 7. Повітряні відбірники типу AirSamplerModel H-810

Конструкція повітряних відбірників дає змогу виконувати цілодобовий відбір проб аерозолів повітря в точці контролю на висоті 2 м від поверхні ґрунту. Швидкість прокачування пристрою становить 370—385 л/хв, що забезпечує ламінарність потоку повітря, яке прокачується через аерозольні фільтри. Умови прокачування забезпечують швидкість потоку повітря 20—25 см/с для аерозольного фільтра типу ФПП 15-1,5 діаметром 20 см; при цьому коефіцієнт проскакування становить 0,51 для частинок з аеродинамічним діаметром, близьким до 2 мкм, які можуть складати до 67 % загальної кількості аерозольних частинок у повітрі приповерхневого шару атмосфери. Для зменшення впливу швидкості вітру на швидкість прокачування фільтр розташовується в горизонтальній площині. Відносна похибка визначення об'єму прокачаного повітря становить 5 % (за результатами калібрування та паспортами пристроїв).

У кожній точці контролю приповерхневого шару атмосфери двома повітряними відбірниками AirSamplerModel H-810 забезпечується відбір повітря загальними об'ємом 500 м^3 за 10—14 год прокачування. Методики прокачування, підготовки аерозольних фільтрів та вимірювання дозволяють визначити концентрації в повітрі радіонукліда космічного походження Be-7 на рівні 4 мБк/м^3.

Використання повітряних відбірників типу AirSamplerModel H-810 разом з мотор-генератором у польових умовах зображено на рис. 7.

Заключення

Радіоекологічна лабораторія ДП "ДНІЦ СКАР" існує більше 10 років. Її співробітники мають великий досвід виконання різноманітних робіт з відбору проб та підготовки їх до вимірювань, проведення самих вимірювань і отримання результатів. Вони брали участь у розробці та налаштуванні приладів і створенні методик, що стандартизували всі етапи проведення вимірювань та обробки результатів.

Нижче наведено перелік основних методичних документів (стандартів підприємства), розроблених у радіоекологічній лабораторії ДП "ДНІЦ СКАР", які використовуються у польових дослідженнях та обробці їх результатів:

СТП 03.002-2000. Методика альфа-радіометричного обстеження;

СТП 03.009-2000. Методика альфа-спектрометричних вимірювань вмісту альфа-активних радіонуклідів у препаратах з тонким шаром;

СТП 03.037-2002. Методика альфа-радіометричного обстеження приміщень;

СТП 03.003-2000. Методика бета-радіометричного обстеження території;

СТП 03.010-2000. Методика радіометричних вимірювань бета-активності препаратів з тонким шаром;

СТП 03.036-2002. Методика бета-радіометричного обстеження приміщень;

СТП 03.001-2000. Методика гамма-радіометричного обстеження території;

СТП 03.005-2000. Методика підготовки проб ґрунту для визначення питомої активності гамма-активних радіонуклідів;

СТП 03.006-2000. Методика прецизійних гамма-спектрометричних вимірювань вмісту гамма-активних радіонуклідів в об'ємних пробах рідин та твердих сипучих матеріалів;

СТП 03.018-2001. Методика гамма-радіометричного обстеження приміщень;

СТП 03.044-2003. Методика гамма-спектрометричних вимірювань об'ємної активності радіонуклідів в аерозолях та нефіксованого забруднення поверхонь радіонуклідами;

СТП 03.004-2000. Методика відбору проб ґрунту для альфа-, бета- та гамма-спектрометрії;

СТП 03.019-2001. Методика визначення еквівалентної рівноважної об'ємної активності радону-222 в повітрі приміщень;

СТП 03.040-2003. Методика відбору проб аерозолів на фільтри методом прокачування повітря;

СТП 03.066-2008. Методика підготовки вимірювальних зразків із аерозольних повітряних фільтрів;

СТП 03.067-2008. Методика визначення вмісту Ra-226, Th-232, U-234, U-235, U-238 у приземному шарі атмосферного повітря гамма-спектрометричним методом;

СТП 03.070-2008. Методика визначення вмісту ^{210}Po, ^{226}Ra, ^{230}Th, ^{232}Th, ^{234}U, ^{235}U, ^{238}U у приповерхневому шарі атмосферного повітря альфа-спектрометричним методом;

СТП 03.071-2008. Методика визначення вмісту U-238 та Th-232 у приповерхневому шарі атмосферного повітря бета-радіометричним методом.

Враховуючи досвід польових досліджень, пов'язаних з радіоактивним забрудненням ґрунту, розроблено установку "СКАНЕР", за допомогою якої можна надійно знаходити радіоактивні джерела в глибині ґрунту. За час польових досліджень знайдено два радіоактивні джерела на ділянці розмірами 50×50 м та високоактивне забруднення ґрунту біля зруйнованої будівлі.

Гамма-спектрометричний каротаж здійснювався NaI(Tl)-детектором (SPA-3 з кристалом діаметром 2″ та висотою 2″) тільки до 7-метрової глибини свердловини. Цей досвід можна застосувати для каротажного HPGe-детектора EGPC15-190-R, який наразі освоюється в радіоекологічній лабораторії.

Контакти:
Начальник відділу радіоекології Ян Анатолійович Жигалов
Начальник радіоекологічної лабораторії Сергій Володимирович Рундюк
Тел./факс: (044) 411-03-39
E-mail: zhygalov@dnic.kiev.ua