

випадків і хімічного складу); вимірювання напрямку, величини і швидкості вітру, густини повітря, тиску, профілю температури, вологості на різних ділянках атмосферного простору.

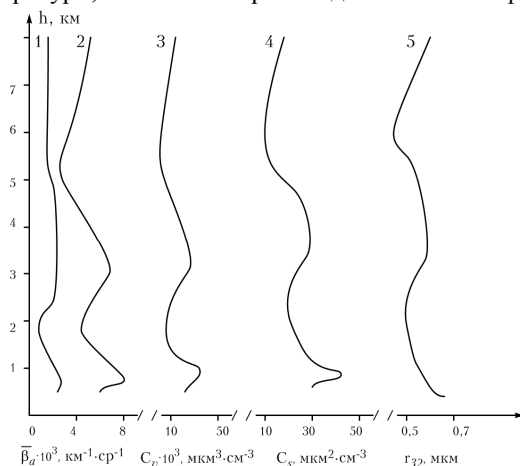


Рис. 2. Профілі оптичних і мікрофізичних параметрів аерозолі:  
1 –  $\lambda = 1.06$  мкм; 2 –  $\lambda = 0.532$  мкм; 3 –  $C_v$ ; 4 –  $C_s$ ; 5 –  $r_{32}$

Аналіз структури атмосферного аерозолі, який включає складові промислового аерозолі можна проводити на основі спектральних оптичних характеристик. При вимірюванні вертикальних профілів показників зворотного розсіювання  $\beta_a(h, \lambda)$  на двох довжинах хвиль можна визначити: профілі об'ємної концентрації  $C_v$ , середнього перерізу  $C_s$ , середнього об'ємно-поверхневого радіуса  $r_{32}$ . На рис. 2 представлені усереднені дані по багатьом реалізаціям, шляхом проведення лідарного зондування на  $\lambda = 1,06$  і  $0,53$  мкм [2].

### Висновок

Проаналізовано загальну характеристику джерел аерозольного забруднення атмосфери та його вплив на здоров'я населення. З огляду основних джерел формування аерозольного забруднення атмосферного повітря проаналізовано результати досліджень зразків золи-виносу, що утворюються при згорянні палива в теплових електростанціях, а також зразки пилових відходів хімічного і металургійного виробництва. Показано, що серед домішок аерозолів є елементи здатні утворювати сполуки небезпечні для організму людини (канцерогени, мутагени, алергени та ін.). Представлені результати лідарних досліджень структури атмосферного аерозолі. Показано можливість використання дистанційних лідарних систем для виявлення просторового забруднення атмосфери і проведення оперативного контролю аерозольних забруднень.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Діденко П.І. Елементний склад твердих промислових аерозолів// Збірник наукових праць ІГНС НАН та МНС України, Серія "Геохімія та екологія". – Київ. – 2001. – Вип.3/4. – 314 с.
2. Лідарний екологічний моніторинг атмосфери / А.П.Іванов, А.П.Чайковський, В.Г.Петрук, [та ін.]. // Збірник наукових статей "II-го Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю". – Вінниця, 2009. – С.275–280.

УДК 681.785.5:504.3

Васильківський І.В., Петрук В.Г., Кватернюк С.М., Ліщенко М.С. (Україна, Вінниця)

### ЛІДАРНИЙ КОНТРОЛЬ РАДІАЦІЙНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

Радіоактивні викиди що потрапили в оточуюче середовище є новими інгредієнтами біоценозу, а мобільність і доступність радіонуклідів для включення в біологічні ланцюги з часом змінюються. Це пов'язано з тим, що особливості чорнобильської аварії зумовили різноманітність форм радіоактивних викидів. Зміни метеорологічних умов призвели до нерівномірного розподілу фізико-хімічних форм радіонуклідів, а накладання цих чинників на неоднорідні ландшафтні і ґрунтово-агрохімічні характеристики зони радіаційного забруднення зумовило складну радіоекологічну ситуацію.

Зважаючи на це, питання радіаційного забруднення стало досить актуальним в останні десятиліття, оскільки, людство вступило в атомне століття. Ядерна енергія використовується в усіх галузях народного господарства – промисловості, медицині, сільському господарстві, наукових дослідженнях, а також у побуті. Іонізуючі випромінювання становлять серйозну небезпеку для екосистем та всіх живих організмів, особливо, для людини.

Виходячи з вище зазначеного впливає актуальність та необхідність проведення вимірювань рівня радіації та подальшого моніторингу. Програма моніторингу включає: вид та частоту вимірювань, методи вимірювання, відбір зразків та подальший лабораторний аналіз, методи статистичної обробки, інтерпретації та реєстрації отриманих даних.

Отже, метою даної роботи є демонстрація можливості використання лідарних засобів для дистанційного контролю радіаційного забруднення території та виявлення джерел іонізуючого випромінювання.

#### 1. Характеристика радіаційного забруднення території Вінницької області

Людство живе і розвивається в умовах постійного впливу природного радіаційного фону. Середня сумарна індивідуальна ефективна доза його для жителів України становить 4,86 мЗв/рік. Проте Україна має регіональні

відмінності, пов'язані з наявністю природних аномалій. Це вихід на поверхню земної кори кристалічних порід з підвищеним вмістом радіоактивних елементів (Вінницька, Житомирська, Черкаська області), залягання близько від поверхні землі уранових родовищ (Дніпропетровська, Кіровоградська області), де рівень опромінення дещо вищий від середнього.

До радіаційно небезпечних об'єктів на території України відносяться:

- а) атомні електростанції (Запорізька, Південно-Українська, Рівненська, Хмельницька і Чорнобильська);
- б) підприємства по виготовленню і переробці відпрацьованого ядерного палива;
- в) підприємства по захороненню радіоактивних відходів;
- г) науково-дослідні та проектні організації, які працюють з ядерними реакторами;
- д) ядерні реактори на об'єктах транспорту та ін.

Серед техногенних джерел іонізуючого опромінення на сьогодні людина піддається значному опроміненню під час медичних процедур і лікування, пов'язаного із застосуванням радіоактивності. Радіація використовується в медицині як у діагностичних цілях, так і для лікування. Також все більше поширюються і нові складні діагностичні методи, що спираються на використання радіоізотопів. Одним із засобів боротьби з раком, як відомо, є променева терапія.

Щодо території Вінницької області, то вона також досить сильно постраждала в результаті катастрофи на Чорнобильській АЕС. Значна територія області була забруднена Цезієм-137 та Стронцієм-90.

Найбільшого ураження зазнали території Тульчинського, Немирівського, Тиврівського, Шаргородського, Гайсинського, Томашпільського, Чечельницького районів, серед окремих сіл - Кунка Гайсинського (3,56 Кі/км<sup>2</sup>), Михайлівка Тульчинського (3,08 Кі/км<sup>2</sup>), Вербка Чечельницького (3,05 Кі/км<sup>2</sup>), Рахни-Лісові Шаргородського (2,94 Кі/км<sup>2</sup>) р-нів.

На забруднених територіях живуть 97350 дорослих і 36240 дітей, які мають статус потерпілих від наслідків аварії.

Медики встановили, що кількість здорового населення в області після 1986 р. зменшилася з 64% до 32% серед дорослих, з 53% до 30% – серед дітей. Нині на постійному обліку знаходяться 6245 ліквідаторів, 1493 переселенці з чорнобильської зони (Київська та Житомирські області), 463 інваліди, які втратили здоров'я внаслідок чорнобильської аварії, 4467 потерпілих 2-ї та 1815 – 3-ї категорій.

Отже, зважаючи на вищезазначені фактори можна напевне говорити про актуальність проблеми радіаційного забруднення території: атмосфери та особливо ґрунтового покриву.

## 2. Характеристика засобів радіаційного та дозиметричного контролю

В умовах сучасного стану радіаційного забруднення території України та багатьох інших країн досить важливим залишається питання реєстрації та контролю рівня радіаційного забруднення. Для виявлення і виміру іонізуючих випромінювань радіоактивних речовин використовуються дозиметричні прилади – рентгенометри, радіометри-рентгенометри, індикатори, індивідуальні дозиметри [1,2].

Бортовий рентгенометр ДП-3Б використовується для проведення радіаційної розвідки місцевості на літаках, вертольотах, автомобілях, локомотивах, суднах та інших рухомих засобах. Він призначений для виміру потужностей доз гамма-випромінювання на місцевості в діапазоні від 0,1 до 500 Р/г.

Рентгенометр авіаційний напівавтоматичний РАП-1 призначений для проведення радіаційної розвідки місцевості з літаків і вертольотів. Забезпечує вимір потужностей доз гамма-випромінювання на місцевості від 0,5 до 500 Р/г при висоті польоту від 100 до 500 м. Прилад забезпечує напівавтоматичне приведення результатів виміру потужностей доз на висоті польоту до висоти один метр, а також фіксацію курсу, діапазонів виміру (розрахункових коефіцієнтів послаблення), часу польоту і відмітки орієнтирів. Час виміру і реєстрації на фотоплівці не перебільшує 2 с.

Вимірювач потужності дози ДП-5В призначений для вимірювання рівнів гамма-радіації і радіоактивного зараження різних предметів за гамма-випромінюванням, а також може виявляти бета-випромінювання.

Вимірювач потужності дози ИМД-216 (ИМД-21с) призначений для вимірювання потужності експозиційної дози гамма-випромінювання при проведенні радіаційної розвідки з рухомих об'єктів і подання світового сигналу про перевищення порогу значення потужності дози гамма-випромінювання при 1, 5, 10, 50 і 100 Р/г. Діапазон виміру - від 1 до 1000 Р/г. Забезпечує вивід інформації від блоку детектування до вимірювального пульта на відстані до 200 м. Живлення приладу здійснюється від бортової мережі 12 В. На базі приладу промисловістю випускаються його модифікації: ИМД-21С, ИМД-21БА, ИМД-21СА. Конструкція і тактико-технічні дані цих приладів аналогічні ИМД-216, але мають свої особливості щодо включення їх до автоматизованих систем збору інформації. Живлення приладів здійснюється від мережі напругою 220 В та бортової мережі рухомого об'єкту.

Радіометр КРБ-1 призначений для контролю ступеню забруднення поверхні бета-активними речовинами з діапазоном виміру від 1·10<sup>1</sup> до 1·10<sup>7</sup> розп./см<sup>2</sup> за хвилину (від 4,5-10-2мкКі/м<sup>2</sup> до 45 мКі/м<sup>2</sup>), який розбито на шість піддіапазонів.

Сцинтиляційний геологічний розвідувальний прилад СРП-68-01 призначений для виявлення джерел іонізуючих випромінювань за гамма-випромінюванням і виміру потужності дози гамма-випромінювання. Можливе використання для радіометричних аналізів продуктів харчування, води, фуражу за гамма-випромінюванням.

Дозиметр ДРГ-05М призначений для виміру експозиційної дози і потужності дози рентгенівського і гамма-випромінювання, а також для якісної оцінки наявності бета-випромінювання. Може використовуватися в промисловості і у лабораторіях для дозиметричного контролю радіаційної обстановки. Діапазон виміру потужності експозиційної дози (ПЕД) – від 0,01 мкР/с до 104 мкР/с. Діапазон виміру експозиційної дози (ЕД) рентгенівського і гамма-випромінювання – від 1,0 мР до 10000 мР. Час на перехід в робочий режим складає до 1 хв. Живлення приладу – від акумуляторів типу Д-01, що забезпечує безперервну роботу до 6 годин. Маса приладу – 1,5 кг.

Дозиметр побутовий "Майстер-1" відповідає призначенню дозиметру "Сосна". Діапазон виміру: потужності експозиційної дози гамма-випромінювання (ПЕД) – від 10 до 999 мкР/г; польової еквівалентної дози (ЕД) гамма-випромінювання - від 0,1 до 0,999 мкЗв/г. Час виміру – до 36 с. Живлення приладу - від 4 елементів СЦ-32. Маса приладу – 0,1 кг.

Індикатор зовнішнього гамма-випромінювання "БЕЛЛА" призначений для виявлення і оцінки за допомогою звукової сигналізації інтенсивності гамма-випромінювання, а також визначення рівня потужності еквівалентної дози за цифровим табло.

Діапазон виміру потужності еквівалентної дози (ПЕД) – від 0,2 до 99,99 мкЗв/г. Час на встановлення робочого режиму – не більше 10 с. Живлення приладу від елементів типу "Корунд", забезпечує безперервність роботи до 20 годин. Маса - 0,25 кг.

Бета-радіометр РБК-4-ІЕМ призначений для експресних вимірів питомої, об'ємної і масової бета-активності води, ґрунту, рослинності, харчових продуктів, а також радіоактивних газів. Має два блоки детектування.

Діапазони вимірів: проб води – від 5·10<sup>-5</sup> мкКі/л до 0,5 мКі/л; сипучих проб – від 5·10<sup>-5</sup> мкКі/кг до 0,5 мКі/кг; газів – від 5·10<sup>-5</sup> мкКі/л до 0,1 мКі/л. Живлення приладу – від електромережі 220 В. Час виміру – до 35 хв. Маса комплекту – 16 кг.

Вимірювач іонізуючих випромінювань ИМД-12 призначається для виміру питомих альфа- і бета-активностей проб продовольства, води, фуражу, а також зовнішнього бета-випромінювання різних поверхонь і потужності експозиційної дози гамма-випромінювання.

Радіометр бета-виявлення "Бета" призначений для контролю забруднення води і продуктів харчування бета-активності радіонуклідами, а також контролю радіоактивного забруднення різних поверхонь. Діапазон виміру – від 5·10<sup>-9</sup> до 1·10<sup>-6</sup> Кі/кг.

Комплект індивідуальних дозиметрів ДП-22-В призначений для виміру індивідуальних доз гамма-випромінювання, складається зі зарядного пристрою ЗД-5 і 50 прямого показання дозиметрів ДПК-50-А. Дозиметри ДПК-50-Л забезпечують вимір дози гамма-випромінювання від 2 до 50 рентген при потужностях доз від 0,5 до 200 Р/г. Показання відраховують за шкалою, яка розташована в дозиметрі. Працездатність забезпечена в інтервалі температур від -40 до +50 °С. Саморозряд дозиметрів в нормальних умовах за 24 години не перебільшує двох поділок шкали. Маса дозиметра - 32 г. Живлення зарядного пристрою здійснюється від двох елементів 1,6-НМЦ-У-8 (145У). Тривалість роботи з одним комплектом живлення – не менше 30 г. Маса комплекту без джерела живлення – 5,5 кг.

Хімічний дозиметр гамма- і нейтронного випромінювання ДП-70МП має призначення для виміру дози опромінення в межах від 50 до 800 Р. Визначення дози опромінення здійснюється за допомогою польового калориметру ГІК-56М. Відлік вимірюваних доз проводиться за шкалою калориметру безпосередньо в рентгенах.

Комплект загальновійськового вимірювача дози ІД-1 призначений для вимірювання доз гамма-нейтронного опромінення особового складу військ і формувань ЦО. Складається з зарядного пристрою і 10 вимірювачів дози. Вимірювачі доз забезпечують вимір доз гамма-нейтронного випромінювання від 20 до 500 рад. Маса вимірювача дози - 40 г, зарядного пристрою – 540 г, комплекту – 2 кг.

Індивідуальний вимірювач дози ІД-11 призначений для вимірювання доз гамма-нейтронного опромінення особового складу. Складається з вимірювального пристрою і 1000 індивідуальних вимірювачів дози ІД-И. Діапазон вимірювання доз – від 10 до 1 500 рад.

Радіометрична лабораторія РЛУ-2 призначена для визначення ступені зараженості радіоактивними продуктами продовольства, фуражу, води, ґрунту, речового та іншого майна.

Лабораторія дозволяє виконувати кількісне визначення питомого зараження об'єктів бета-активними речовинами від 10-7 Кі/кг (або Кі/л) і вище. За 10 г роботи лабораторії можливо провести до 12 аналізів проб води та інших рідин або 40-70 аналізів проб різних продуктів харчування, фуражу та інших речовин.

Для розгортання лабораторії необхідне приміщення загальною площею 10-15 м<sup>2</sup>. Час розгортання лабораторії у приміщенні – 20 хв. Час на проведення дезактивації майна лабораторії після 10 годин роботи складає 60-90 хв.

Всі перераховані засоби контролю і моніторингу радіаційного забруднення території мають спільні недоліки. А саме, для виявлення і визначення координат зон забруднень з різними рівнями радіації в основному використовуються контактні методи радіаційного контролю (РК) із застосуванням локальних сенсорів, які встановлюються на рухомих засобах ведення РК, що в свою чергу впливає на рівень опромінення персоналу, який проводить радіаційний контроль і моніторинг місцевості або території об'єкту зараження. Використання локальних датчиків для виявлення зон радіаційного забруднення території характеризується великим часом збирання і обробки інформації про рівні радіації в різних віддалених точках дослідження.

### 3. Характеристика дистанційного лідарного контролю

Лідарний спосіб дистанційного контролю і моніторингу дозволяє істотно зменшити час для ведення РК за рахунок дистанційного виявлення просторової конфігурації зон радіаційного забруднення території із заданими рівнями радіації [3]. Поставлена мета досягається зондуванням імпульсним лазерним випромінюванням приземного шару атмосфери з наступною реєстрацією змін інтенсивностей стоксової і антистоксової компонент в спектрі комбінаційного розсіяння цього випромінювання в атмосфері над радіаційно забрудненою територією або об'єктом.

Відомо, що стоксова компонента утворюється за рахунок того, що розсіювальне середовище віднімає частину енергії у поля світлового випромінювання у тому випадку, коли молекули речовини знаходяться в незбудженому стані. Антистоксова компонента утворюється, навпаки, за рахунок передачі енергії від розсіюючого середовища до поля випромінювання, коли молекули речовини знаходяться у збудженому стані. В результаті, взаємодія іонізуючого випромінювання з повітряним середовищем включає ряд актів перетворення енергії іонізуючого випромінювання, одним з яких є збудження атомів і молекул повітряного середовища. Збудження молекул повітря під впливом іонізуючого випромінювання відбувається в наслідок таких процесів: прямого збудження гамма-випромінюванням, первинними зарядженими частками і вторинними електронами; рекомбінацією та перезарядкою іонів; дезактивацією метастабільних станів молекул. В результаті, число збуджених молекул в одиниці об'єму повітря на радіаційно забрудненій території буде залежати від величини поглиненої дози данного об'єму.

Отже, вказані процеси непружної взаємодії іонізуючого випромінювання з повітряним середовищем призводять до утворення спектрів комбінаційного розсіяння лазерного випромінювання зі зміщенням поля випромінювання в короткохвильову (антистоксовому) область. Фіксуючи відмінність у співвідношенні стоксової і антистоксової компоненти в спектрі комбінаційного розсіяння лазерного випромінювання атмосферою в умовах природного радіаційного фону і в умовах дії джерел іонізуючих випромінювань над радіаційно забрудненою територією, встановлюється факт радіоактивного забруднення. Вимірюючи величину співвідношення стоксової і антистоксової компоненти в спектрі комбінаційного розсіяння можна встановити рівні радіації. Даний спосіб дозволяє контролювати динаміку змін радіаційного фону, вимірювати просторово-геометричні розміри радіоактивно забруднених ділянок місцевості, що істотно підвищує оперативність збору інформації про поля іонізуючих випромінювань, та істотно підвищує радіаційну безпеку ведення контролю і моніторингу, оскільки не вимагає перебування персоналу на радіаційно забрудненій території або об'єкті.

#### Висновок

Представлена загальна характеристика сучасного стану радіаційного забруднення території України та Вінницької області. Зроблений аналіз основних засобів радіаційного і дозиметричного контролю. Роглянуті окремі технічні характеристик пристроїв радіаційного та дозиметричного контролю та виявлені ряд недоліків використання.

Продемонстровано можливості використання лідарних засобів дистанційного контролю радіаційного забруднення території для виявлення джерел іонізуючого випромінювання. При цьому лідарний спосіб дистанційного контролю і моніторингу дозволяє істотно зменшити час для ведення РК за рахунок дистанційного виявлення просторової конфігурації зон радіаційного забруднення території із заданими рівнями радіації.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Владимиров В.А., Михеев О.С., Хмель С.И. и др. Методика выявления и оценки рациональной обстановки при разрушениях (авариях) атомных электростанций. - М., 1989.
2. Депутат О. П., Коваленко І. В., Мужик І. С. Цивільна оборона/ За редакцією В.С. Франка. Підручник. 2-ге вид., доп. - Львів: Афіша, 2001.
3. Патент №2377597 от 27.12.2009.

УДК 681.785.5:504.3

**Васильківський І.В., Петрук В.Г., Кватернюк С.М., Ліщенко М.С. (Україна, Вінниця)**

#### **МОДЕЛЮВАННЯ ОПТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ АЕРОЗОЛЬНИХ СТРУКТУР**

Незважаючи на надзвичайно велике різноманіття аерозольних структур і їхню постійну просторово-часову мінливість, можна говорити про певні закономірності в аерозольних структурах і створювати моделі, що досить адекватно характеризують їхні оптичні параметри. Результати сучасних досліджень оптичних параметрів атмосферних аерозолів свідчать про відповідність оптичних властивостей реальних аерозолів до їхніх модельних характеристик.

Як відомо, основними структурними параметрами аерозолів, що визначають їхні оптичні властивості, є: концентрація часток у певних діапазонах їхніх розмірів; комплексний показник заломлення речовини часток певного розміру; стратифікація (однорідність) хімічного складу речовини часток; форма й орієнтація часток в атмосфері; просторовий розподіл атмосферних аерозолів; відстань між частками і загальна кількість часток на шляху зондуемого пучка випромінювання.