

### 3. Радіоекологічний моніторинг атмосферного повітря

3.1. Джерела надходження радіоактивних речовин в атмосферу. 3.2. Вимоги до організації спостережень за радіоактивним забрудненням атмосферного повітря. 3.3. Пости спостережень, програми і терміни спостережень. 3.4. Методи відбору проб повітря та оцінювання його радіоактивності. 3.5. Супутні метеорологічні спостереження при відборі проб повітря. 3.6. Оцінювання стану атмосферного повітря щодо забруднення окремими радіонуклідами. 3.7. Радіоекологічне нормування якості атмосферного повітря. 3.8. Радіоактивне забруднення атмосфери при пожежах на забруднених радіонуклідами територіях.

Радіоактивність атмосфери зумовлена присутністю у ній радіоактивних газів і аерозолів, які надходять внаслідок процесів, що відбуваються в природі, та антропогенної діяльності. Відповідно розрізняють природну і штучну радіоактивність атмосфери.

*Радіоактивне забруднення атмосфери – це внесення в неї природних радіоактивних ізотопів, що перевищують певний допустимий рівень, або внесення штучних радіоактивних ізотопів.*

#### 3.1. Джерела надходження радіоактивних речовин в атмосферу

Чотири основні джерела надходження природних радіоактивних ізотопів (радіонуклідів) в атмосферу:

1. Утворення радіоактивних ізотопів в атмосфері під впливом космічного випромінювання – так звані космогенні радіонукліди (основні дозоутворюючі з них, тобто такі, що включаються в метаболізм та інкорпуються в тканинах, формуючі дозу опромінення, це –  $^3\text{H}$ ,  $^7\text{Be}$ ,  $^{10}\text{Be}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{22}\text{Na}$ ,  $^{28}\text{Mg}$ ,  $^{32}\text{P}$ ,  $^{35}\text{S}$ ,  $^{36}\text{Cl}$ ).

2. Ізотопи радону та продукти їх розпаду, які надходять в атмосферу з поверхні ґрунту (основні з них –  $^{222}\text{Rn}$  – радон,  $^{220}\text{Rn}$  – торон,  $^{219}\text{Rn}$  – актинон та  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{210}\text{Bi}$ ).

3. Викиди теплоелектростанцій та інших підприємств, що спалюють органічні паливні матеріали – деревину, вугілля, нафту, газ та інше (основні дозоутворюючі радіонукліди –  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{22}\text{Na}$ ,  $^{32}\text{P}$ ,  $^{35}\text{S}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{48}\text{Ca}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{238}\text{U}$ ).

4. Пиловий підйом з поверхні ґрунту, який може містити певні кількості і радіоактивних речовин, особливо в місцях видобутку підземних корисних копалин не тільки радіоактивних руд (дозоутворюючі радіонукліди –  $^{40}\text{K}$ ,  $^{48}\text{Ca}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$ ). Підчас пилових бур з поверхні землі вітром в атмосферу підіймаються десятки тони ґрунту з квадратного кілометру. Так підчас такої бурі в Донецькому регіоні, яка тривала 26–30 березня 2015 р., швидкість вітру досягала 24 м/с. Втрати ґрунту від дефляції на величезній території досягали 11–14 т/га.

Іноді виділяють ще одне джерело природних радіонуклідів – радіонукліди, що надходять в атмосферу з космічним пилом ( $^{10}\text{Be}$ ,  $^{26}\text{Al}$  та деякі інші). Максимум їх концентрацій спостерігається на висоті 80–100 км – у зоні випаровування мікрометеоритів і внесок їх у радіоактивність біоти відносно незначний.

Три основних джерела надходження штучних радіоактивних ізотопів в атмосферу:

1. Випробування атомної зброї в тропосфері, стратосфері і космосі.
2. Штатні викиди ядерних реакторів.
3. Аварійні викиди на підприємствах ядерного паливного циклу, у першу чергу – на атомних електростанціях.

В усіх трьох випадках – це продукти поділу ядер  $^{235}\text{U}$  та  $^{239}\text{Pu}$ , сотні різних радіоактивних ізотопів. Втім, переважна їх більшість – короткоживучі, які швидко розпадаються. Основними дозоутворюючими радіонуклідами є довгоживучі  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{137}\text{Cs}$  з періодами піврозпадів, відповідно, 29 і 30 років.

Деякі з основних дозоутворюючих радіонуклідів, що надходять в атмосферне повітря, наведено в табл. 3. 1.

### **3.2. Вимоги до організації спостережень за радіоактивним забрудненням атмосферного повітря**

Організація спостережень за радіоактивним забруднення атмосферного повітря передбачає контроль за вмістом радіоактивних речовин не тільки у самій атмосфері, але й у суміжних компонентах навколишнього природного середовища: літосфері, гідросфері, біосфері з урахування специфіки регіону (наявність підприємств ЯПЦ та інших, які є джерелами викиду радіоактивних речовин, минулого радіоактивного забруднення території внаслідок ядерних і радіаційних інцидентів та інших). Для цього необхідно мати такі матеріали:

- дані про попередні спостереження стану радіоактивного забруднення атмосфери та згадані супутні елементи навколишнього середовища у регіоні;
- дані про наявні та можливі джерела радіоактивного забруднення атмосфери;
- дані про радіонуклідний склад забруднення, його фізико-хімічний стан;
- дані про стан радіоактивного забруднення атмосфери та інших елементів навколишнього природного середовища у сусідніх регіонах, країнах, континенті.
- гідрометеорологічні дані як на час спостережень, так і на перспективу.

Радіоекологічний моніторинг атмосфери здійснюється, як правило, в межах загального екологічного моніторингу атмосфери у системі спостережень за якістю атмосферного повітря на різних територіях, особливо в містах та інших населених пунктах. Практикуються радіоекологічні спостереження за окремими підприємствами, особливо підприємствами ядерного паливного циклу та іншими, які є джерелами викидів радіоактивних речовин у навколишнє середовище.

Спостереження здійснюють служби Держкомітету гідрометеорології, Міністерства екології та природних ресурсів.

1. Основні дозоутворюючі радіоактивні ізотопи

Елемент	Ізотоп	Переважаюче випромінювання	Енергія випромінювання, МеВ	Фізичний стан	Питома маса, г/см <sup>3</sup>	T <sub>0,5</sub>	Місце депонування	T <sub>б</sub>	Група радіаційної небезпеки
<b>Природні ізотопи</b>									
Такі, що утворюють родини, та продукти їх розпаду									
Торій	<sup>232</sup> Th	α	4,07	Метал	11,7	1,4×10 <sup>10</sup> р.	Легені, печінка, нирки	700 діб	А
Уран	<sup>235</sup> U	α	4,47	Метал	19,0	7,1×10 <sup>8</sup> р.	Нирки, печінка, скелет	25, 150, 450 діб	Б
Уран	<sup>238</sup> U	α	4,27	Метал	19,0	4,5×10 <sup>9</sup> р.			Б
Радій	<sup>226</sup> Ra	α (γ)	4,86	Метал	5,0	1620 р.	Скелет	17 р.	А
Полоній	<sup>210</sup> Po	α	5,29	Метал	9,4	138 діб	Нирки, кров, легені	37 діб	А
Радон	<sup>220</sup> Rn	α	6,28	Газ	0,0099	55 с	Легені	3–5 хв.	Г
Радон	<sup>222</sup> Rn	α	5,49	Газ	0,0099	3,8 доби	Легені	10–30 хв.	Г
Такі, що не утворюють родин, або позародинні									
Калій	<sup>40</sup> K	β і γ	1,325 і 1,459	Метал	0,86	1,3×10 <sup>9</sup> р.	М'язи, печінка	58 діб	Г
Рубідій	<sup>87</sup> Rb	β і γ	0,28 і 0,39	Метал	1,53	6,2×10 <sup>10</sup> р.	М'язи, печінка	40–80 діб	В
Кальцій	<sup>48</sup> Ca	β	0,08	Метал	1,50	1×10 <sup>16</sup> р.	Скелет	20 р.	Г
Космогенні									
Водень	<sup>3</sup> H	β	0,019	Газ	0,000089	12,34 р.	М'язи	10–30 діб	Г
Вуглець	<sup>14</sup> C	β	0,155	Газ	0,00125	5730 р.	Печінка, нирки, легені		Г
<b>Штучні ізотопи</b>									
Продукти поділу ядер урану									
Стронцій	<sup>89,90</sup> Sr	β	1,463 і 0,544	Метал	2,6	50,5 діб і 29 р.	Скелет	30–50 р.	В і Б
Йод	<sup>131</sup> I	β і γ	0,608 і 0,723	Неметал	4,94	8,04 доби	Щитоподібна залоза	120 діб	Б
Цезій	<sup>134</sup> Cs	β і γ	0,512 і 1,367	Метал	1,87	2,06 р.	М'язи	40–60 діб	Б
Цезій	<sup>137</sup> Cs	β і γ	0,520 і 0,662			30,17 р.			Б
Ізотопи трансуранових елементів									
Плутоній	<sup>239</sup> Pu	α	5,23	Метал	19,8	2,41×10 <sup>4</sup> р.	Скелет, печінка	200 р.	А
Америцій	<sup>241</sup> Am	α	5,57	Метал	13,7	432,8 р.	Скелет, печінка	70 р.	А
Продукти наведеної радіоактивності									
Фосфор	<sup>32</sup> P	β	1,710	Неметал	1,83	14,3 доби	Скелет, м'язи, печінка	19 і 0,5 доби	В
Сірка	<sup>35</sup> S	β	0,167	Неметал	2,07	87,1 доби	Все тіло	60–140 діб	В

Залізо	<sup>59</sup> Fe	β і γ	1,560 і 1,290	Метал	7,87	45,1 доби	Печінка, кров	40 і 200 діб	В
Кобальт	<sup>60</sup> Co	β і γ	1,478 і 1,330	Метал	8,90	5,272 р.	Печінка, нирки	70–90 діб	В
Цинк	<sup>65</sup> Zn	β і γ	0,325 і 1,110	Метал	7,13	244,1 доби	Скелет, м'які тканини	400 і 20 діб	В

Контроль за радіоактивним забрудненням атмосфери здійснюється на фоновому рівні, а також в зонах радіаційного впливу атомних електростанцій та інших джерел можливого радіонуклідного забруднення. В Україні при цьому особлива увага надається територіям, забрудненим внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС, місцям видобутку урану, деяким територіям з підвищеним рівнем природного радіаційного фону. У деяких країнах, де проводились випробування атомної зброї, до цього належать полігони випробувань (в Росії – Новоземельський, Семіпалатинський та інші).

Під час контролю за радіоактивним забрудненням на фоновому рівні використовують фонові станції або спеціальні станції, встановлені на відстані 50–100 км від можливого джерела радіоактивного забруднення. Для моніторингу в радіусі до 25 км використовують мережу контролю і спеціальні пости спостережень, де встановлюють датчики  $\gamma$ -випромінювання та пристрої для відбору проб і аналізу повітря. У межах санітарно-захисної зони утворюють пости дистанційного контролю радіоактивного забруднення атмосферного повітря.

Важливим методологічним підходом до контролювання транскордонного перенесення глобальних потоків радіоактивних речовин на великі відстані від місця викиду є низка спеціальних наземних та авіаційних станцій. Такі станції обладнані системами відбору газу та аерозолів, збору сухих осідань та опадів, аналізу вмісту радіонуклідів та їх загальної і окремої радіоактивності у відібраних пробах повітря. Інформація від них надсилається у Західно- та Східноєвропейський метеорологічні синтезуючі центри. За ступенем оперативності її поділяють на такі види:

- екстрена інформація (містить відомості про різкі зміни рівнів радіоактивного забруднення атмосферного повітря, які негайно передаються в контролюючі та господарські організації; саме завдяки системі такої інформації, Швеція, розташована на відстані майже двох тисяч кілометрів від північних кордонів України, вже через добу після аварії на Чорнобильській

АЕС у 1986 р. першою із зарубіжних країн виявила радіоактивні речовини в повітрі, тобто їх транскордонний перенос, і повідомила про неї відповідні міжнародні організації);

– оперативна інформація (містить узагальнені матеріали спостережень за радіоактивністю повітря протягом місяця; саме завдяки неї радіонукліди, викинуті під час аварії на Чорнобильській АЕС, які вже через тиждень підпали під дію тропосферних вітрів, були виявлені послідовно практично в усіх країнах північної півкулі нашої планети, а радіонукліди, що були викинуті 11 березня 2011 р. під час аварії на АЕС «Фукусима-1», вже через тиждень були виявлені над Європою, у тому числі і над Україною);

– режимна інформація (містить дані про середній та максимальній рівні радіоактивного забруднення повітря протягом тривалого часу, як правило, за рік, котра використовується при плануванні певних заходів, спрямованих на захист персоналу підприємств ЯПЦ, населення від додаткового опромінення, оцінювання збитків, завданих народному господарству внаслідок забруднення атмосферного повітря).

На рис. 3.1 наведені дані про забруднення атмосферного повітря в Києві радіоактивними ізотопами йоду та цезію у перші два тижні після аварії на Чорнобильській АЕС. Вони свідчать, що 30 травня, коли вітер змінив напрям і подув з півночі на південь, рівень радіоактивності повітря зріс більш, як на чотири порядки.

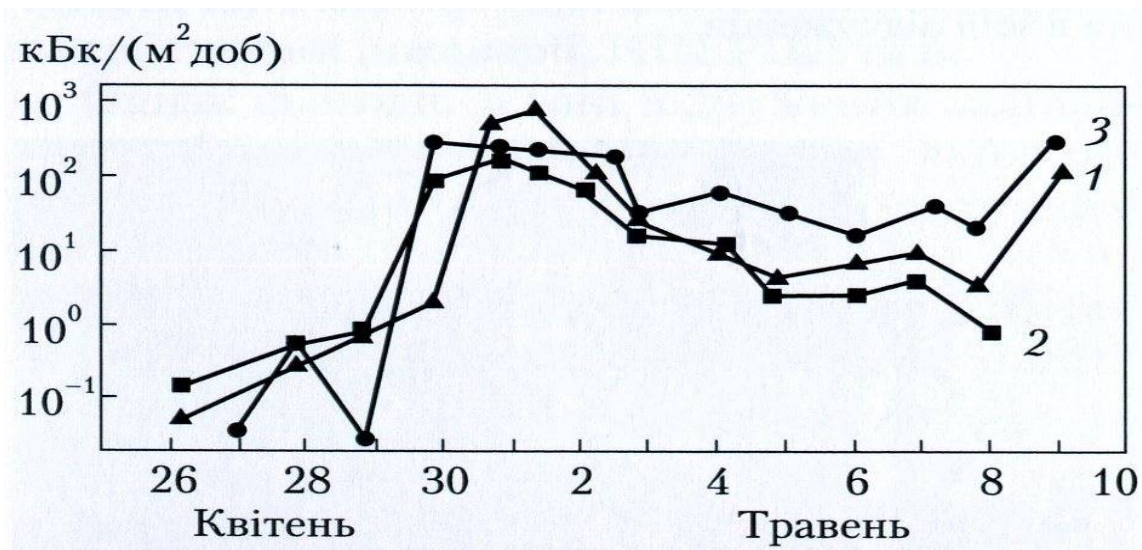


Рис. 3.1. Рівні радіоактивного забруднення атмосферного повітря в Києві в перші дні після аварії на Чорнобильській АЕС: 1 –  $^{131}\text{I}$ , 2 –  $^{137}\text{Cs}$  і 3 –  $^{134}\text{Cs}$ .

### 3.3. Пости спостережень, програми і терміни спостережень

Системи моніторингу атмосфери розвинутих країн, у тому числі України, систематично відстежують радіоактивне забруднення повітря та його зміни, як правило, тільки в критичних аварійних ситуаціях. Забруднення контролюють стаціонарні, маршрутні і пересувні (підфакельні) пости спостереження.

**Стаціонарний пост спостереження** призначається для регулярного відбору проб повітря з метою подальшого визначення загальної радіоактивності та лабораторного аналізу вмісту окремих радіонуклідів та їх внеску у загальну радіоактивність.

**Маршрутний пост спостереження** призначений для регулярного відбору проб повітря у фіксованих точках місцевості за допомогою спеціально обладнаної автолабораторії. Розміщення маршрутних постів повинно бути таким, щоб виявляти максимальні рівні радіоактивності, які формуються джерелом викиду. Визначаючи місця відбору проб повітря, приймають до уваги висоту джерела викиду ( $H$ ) і максимально можливу зону забруднення ним атмосферного повітря ( $R$ ), яка дорівнює  $20 H$ . Згідно схеми, центром якої є джерело викиду, будують кола з радіусами  $0,5 R$ ;  $1 R$ ;  $1,5 R$ . У точках перетину



кіл з проведеними з центра лініями, що позначають сторони світу, відбирають проби повітря.

*Пересувний (підфакельний) пост спостереження* використовують для відбору проб повітря під радіоактивною хмарою. Місця відбору проб обирають з урахуванням закономірностей поширення радіоактивних частинок в атмосфері за переважаючими напрямками вітрів, починаючи з декількох десятків метрів від джерела викиду.

Залежно від виду постів спостережень та їх завдань визначають програми і терміни спостережень. Під час гострого періоду розвитку аварії на Чорнобильській АЕС на кінець 1986 р. радіоактивні випадіння з атмосфери фактично припинилися і необхідність у маршрутних та пересувних постах спостережень відпала. Стаціонарні пости спостережень періодично проводять аналізи радіоактивності повітря.

### **3.4. Методи відбору проб повітря та оцінювання його радіоактивності**

Радіонукліди можуть надходити в атмосферу або у газоподібному стані (наприклад, радіоактивні благородні гази), або з аерозольними частинками. Повітря – це рухома система, склад якої може постійно змінюватися. Тому одним з найважливіших елементів аналізу радіоактивності атмосферного повітря є відбір проб. Проби повітря відбирають аспіраційним способом, пропускаючи повітря через поглинальний прилад з визначеною певною швидкістю, і способом заповнення посудин певного обмеженого об'єму.

*Аспіраційний спосіб відбору проб повітря.* У результаті пропускання повітря через поглинальний прилад відбувається концентрування носіїв радіоактивності (звичайно, аерозолів, гідрозолів) в поглинальному середовищі. Для отримання достовірних визначень радіоактивності кількість пропущеного повітря може досягати десятків і сотень літрів за хвилину – все визначається рівнями радіоактивного забруднення повітря. Хоча треба відмітити, що методи

визначення і оцінки рівнів радіоактивності на багато порядків більш чутливі і точні за хімічні методи аналізу.

Проби поділяють на разові (період відбору 20–30 хв.) та середньодобові (не менше 4-разових проб через однакові проміжки часу протягом доби). Найкращим способом отримання середньодобових значень є безперервний відбір проб протягом 24 год. через електроаспіратори, обладнані реометрами – приладами, які реєструють його об'єм.

Система відбору проб повітря для дослідження радіоактивного пилу складається з трубки, яка обладнана фільтрами, та шлангу, котрий підключається до повітряпроводу. Роль останнього може виконувати звичайний пилосос. Головним же елементом системи пробо відбору повітря є поглинальні пристрої фільтри чи сорбенти, призначені для вбирання газоподібних речовин (радіоактивних газів та інших летючих радіонуклідів), радіоактивних аерозолів, пилу. Далі в поглиначах визначають вміст радіонуклідів і розраховують їх кількість в одиниці об'єму повітря.

***Відбір проб повітря способом заповнення посудин.*** Для відбору проб використовують звичайні скляні ємності визначеного об'єму, котрі заповнюють повітрям шляхом продування через посудину його 10-кратного об'єму, після чого посудину герметично закривають. Такий спосіб є припустимим за високих рівнів радіонуклідного забруднення повітря.

Для відбору аерозольних проб звичайно використовують різні фільтрувальні системи, які забезпечені вимірювачами об'єму повітря, що проходить через них. Для відбору окремих фракцій аерозольних частинок використовують спеціальні набори послідовно встановлених фільтрів з різними розмірами пор.

***Відбір проб аеральних опадів.*** Проби атмосферних опадів, як сухих, так і вологих, відбирають різними методами. Вологі (мокрі) опади збирають звичайними пристроями, що застосовуються на метеорологічних станціях для збору дощу та снігу. Сухі опади відбирають на липкі планшети – металеві пластини певної площини, котрі попередньо покривають липкою

невисихаючою смолою типу вініполу, або на планшети, покриті так званою тканиною Петрянова (спеціальна знезолена пориста тканина). Липкі планшети можна відправляти на радіометрію без підготовки, або кількісно змивати опади ацетоном, бензином чи іншим розчинником, у котрих потім можна буде визначити вміст радіонуклідів. Тканинні планшети піддають радіометрії безпосередньо або після спопеління.

### **3.5. Супутні метеорологічні спостереження при відборі проб повітря**

У зв'язку з тим, що метеорологічні чинники зумовлюють перенесення і розсіювання радіоактивних речовин в атмосфері, відбір проб повітря повинен супроводжуватися спостереженнями за такими метеорологічними параметрами, як напрям і швидкість вітру, температура і вологість повітря, атмосферні опади та інші, які впливають на розповсюдження й концентрацію радіонуклідів, їх випадіння на земну поверхню.

Напрямок вітру виявляють за допомогою спеціальних вимпелів, флюгерів, швидкість вітру вимірюють вітроміром або анемометром, вологість повітря оцінюють гігрометрами і психрометрами, температуру термометрами, атмосферний гідростатичний тиск – барометрами, кількість атмосферних опадів – за допомогою спеціальних водомірних посудин. Важливо реєструвати тривалість дії того чи іншого фактору.

Існують автоматизовані системи спостереження й контролю за станом атмосферного повітря, призначені для постійного відстеження за змінами у часі і просторі характеристик забруднення, в тому числі і радіонуклідами, та метеорологічними параметрами повітряного простору. Вони оснащені автоматичними системами відбору проб та приладами автоматичного визначення радіоактивності повітря. Такі системи вкрай важливі і необхідні для ефективного функціонування системи спостережень за радіоактивним забрудненням атмосферного повітря особливо у гострий (начальний) період розвитку радіаційного інциденту. Втім, спостереження за станом радіаційного

фону, яке визначається у першу чергу радіоактивним забрудненням атмосфери, повинно тривати постійно.

### **3.6. Радіоактивне забруднення атмосфери при пожежах на забруднених радіонуклідами територіях**

При лісових та лугових пожежах на забруднених радіонуклідами територіях відбувається надходження радіонуклідів в атмосферу у парогазовій формі (у першу чергу  $^{137}\text{Cs}$  і у меншій  $^{90}\text{Sr}$ , температура плавлення і кипіння якого значно вища), а також разом з попелом і золою у вигляді аерозолів субмікронного і мікронного розмірів, які містять окрім цих радіонуклідів  $\beta$ - і  $\alpha$ -випромінювач  $^{241}\text{Pu}$  та  $\alpha$ -випромінюючі  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$  й деякі інші. Це призводить до збільшення об'ємної активності радіонуклідів у приземному шарі повітря у десятки, сотні і навіть тисячі разів, що може створити небезпеку не тільки для учасників пожежогасіння, але й для населення за рахунок інгаляції радіоактивних речовин і, відповідно, внутрішнього опромінення.

Внаслідок пожеж може відбуватись посилення вертикальної міграції радіонуклідів в атмосфері з током гарячого повітря, а, головне, їх горизонтальна міграція з рухом повітря, яка може виносити їх далеко за межі району пожежі.

За відсутності традиційної господарської діяльності у зоні відчуження і зоні обов'язкового (безумовного) відселення Чорнобильської АЕС за роки після аварії відбувалося інтенсивне накопичення рослинного горючого матеріалу у лісах та луках, що підвищує ризик пожеж. І за цей час тут офіційно було зафіксовано понад 1300 пожеж різного виду, тяжкості, масштабів і наслідків. Наймасштабніші пожежі у зоні відчуження відбулися у серпні 1992 р. та наприкінці квітні 2015 р. – найбільш пожежонебезпечних місяцях. Першим була охоплена площа близько 17 тисяч гектарів луків та лісових угідь і другим – понад 10 тисяч гектарів (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Лісова пожежа у зоні відчуження Чорнобильської АЕС.

Пожежі виникають і на інших забруднених радіонуклідами територіях. Так, великомасштабна пожежа, яка охопила декілька десятків тисяч гектарів лісу, відбулася у травні 2005 р. у Житомирській області на території, рівень забруднення якої за  $^{137}\text{Cs}$  перевищував  $555 \text{ кБк/м}^2$  ( $15 \text{ Кі/км}^2$ ).

Аналіз дистанційного зондування Землі по космічним знімкам дозволив прослідкувати рух димової хмари за північно-західним вітром, яка пройшла відстань понад 100 км і досягла південно-західних окраїн Києва. (рис. 3.2, 3.3).

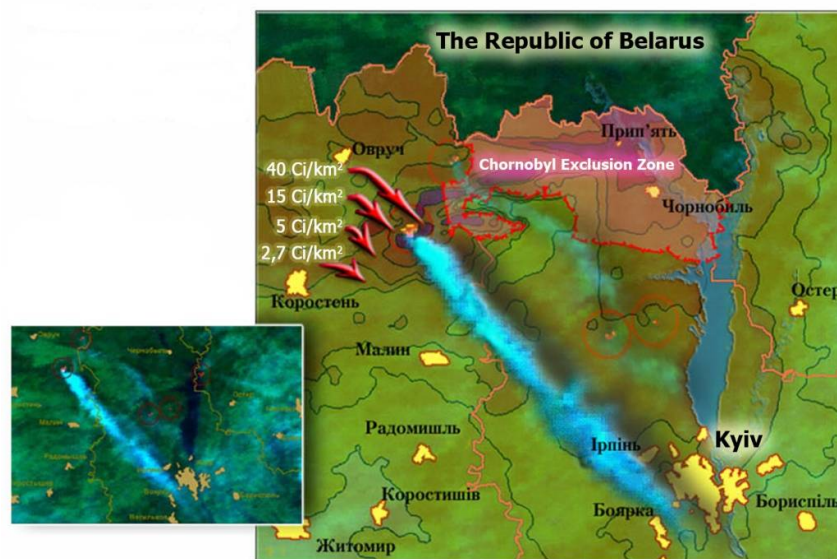


Рис. 3.2. Дим від лісової пожежі на забрудненій радіонуклідами території у травні 2005 р. досяг околиць Києва.



Рис. 3.3. Димова хмара, що виникла внаслідок пожежі на забрудненій радіонуклідами території, над околицями Києва (травень 2005 р.).

В цілому таке дистанційне зондування дозволяє проводити моніторинг та оцінювати наслідки пожеж на основі аналізу взаємозв'язку між ступенем ураження рослинного покриву (ступінь дефоліації та усихання дерев) та спектральними характеристиками короткохвильового інфрачервоного каналів зображень.

Достовірна оцінка масштабів пожеж на забруднених територіях, інформація про них і зумовлена цим радіологічна небезпека для людей набуває особливої актуальності і має велике соціально-психологічне значення як для населення цих територій, так і за їх межами.

### **3.6. Радіоекологічне нормування якості атмосферного повітря**

З метою обмеження і контролювання антропогенних впливів на навколишнє середовище запроваджують *екологічне нормування* – комплекс заходів для встановлення граничних меж, у яких можуть коливатися параметри показників певних забруднювачів навколишнього природного середовища, які характеризують його стан. Екологічному нормуванню підлягають усі

небезпечні хімічні речовини, у тому числі і радіоактивні, й фізичні фактори, у тому числі і іонізуюча радіація.

Кількісну оцінку вмісту

### ***Контрольні запитання до лекції 3:***

1. Що слід вважати за радіоактивне забруднення атмосфери.
2. Джерела надходження радіоактивних речовин до атмосфери.
3. Природні радіонукліди атмосфери, що формують дозу опромінення людини.
4. Штучні радіонукліди атмосфери, що формують дозу опромінення людини.
5. Вимоги до організації спостережень за радіоактивним забрудненням атмосферного повітря.
6. Пости спостережень та їх завдання.
7. Методи відбору проб повітря та оцінювання його радіоактивності.
8. Супутні метеорологічні спостереження при відборі проб повітря.
9. Оцінювання стану атмосферного повітря щодо забруднення окремими радіонуклідами.
10. Вплив лісових пожеж на забруднених радіонуклідами територіях на забруднення повітря.
11. Радіоекологічне нормування якості атмосферного повітря.

## **Лекція 4. Радіоекологічний моніторинг ґрунтів**

4.1. Джерела радіоактивного забруднення ґрунту. 4.2. Міграція радіонуклідів у ґрунті. . 4.3. Об'єкти і методи радіоекологічного моніторингу ґрунтів. 4.4. Проведення гамма-зйомки над поверхнею ґрунту. 4.5. Відбирання проб ґрунту. 4.6. Підготовка проб ґрунту до радіометрії і спектрометрії. 4.7. Визначення щільності радіонуклідного забруднення ґрунту. 4.8. Методологічні підходи до прогнозування радіоактивного забруднення ґрунтів.

Моніторинг ґрунтів – це система спостережень, кількісної оцінки та контролю за використанням ґрунтів і земель з метою організації управління їх продуктивністю. Моніторинг ґрунтів – це контроль, діагностика, прогноз і управління станом ґрунтів заради відтворення їх родючості. Він є складовою частиною екологічного моніторингу і входить до системи моніторингу суміжних середовищ і біосфери в цілому.