

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

**І.М. Гудков,
В.О. Кашпаров,
О.Ю. Паренюк**

РАДІОЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ

Навчальний посібник

Київ – 2019

УДК 57.043:63:37.022

Г93

Рекомендовано Вченою радою
Національного університету
біоресурсів і природокористування України
протокол № 5 від 28.12.2018 р.

Рецензенти:

Ю.О. Кутлахмедов, доктор біологічних наук, професор
Національного авіаційного університету.

О.І. Розпутній, доктор сільськогосподарських наук, професор
Білоцерківського національного аграрного університету.

В.А. Гайченко, доктор біологічних наук, професор
Національного університету біоресурсів і природокористування
України.

Гудков І.М., Кашпаров В.О., Паренюк О.Ю. Радіо-
Г93 екологічний моніторинг : навчальний посібник. Київ, 2019.
188 с.

ISBN 978-966-289-265-9

Викладено основні положення про радіоекологічний моніторинг як систему збору первинної інформації про потужність поглиненої в повітрі дози, вміст радіонуклідів в об'єктах навколишнього середовища, продукції рослинництва і тваринництва, харчових продуктах, воді та інших з метою подальшого її використання для радіаційно-гігієнічного та дозиметричного контролю. Радіоекологічний моніторинг розглядається як керований процес, завданням якого є контроль за поведінкою радіонуклідів у природних умовах та умовах антропогенного навантаження, аналіз отриманої інформації і врешті – складання прогнозу щодо радіаційної ситуації у майбутньому.

Для студентів екологічних напрямів підготовки освітнього рівня «Магістр», аспірантів спеціальностей «Радіобіологія», «Радіаційна безпека», «Екологія», фахівців у сфері охорони навколишнього середовища.

УДК 57.043:63:37.022

ISBN 978-966-289-265-9

© І.М. Гудков, В.О. Кашпаров, О.Ю. Паренюк, 2019

© «ОЛДІ-ПЛЮС», 2019

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	7
РОЗДІЛ 1.	
МОНІТОРИНГ. ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ	11
1.1. Основні визначення і поняття	11
1.2. Об'єкти, предмети та види моніторингу	14
1.3. Екологічний моніторинг	15
1.4. Цілі та завдання екологічного моніторингу	17
1.5. Основні положення екологічного моніторингу	20
РОЗДІЛ 2.	
РАДІОЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ	
ЯК СКЛАДОВА ЧАСТИНА	
ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ	27
2.1. Основні визначення і поняття	27
2.2. Джерела радіоактивного забруднення навколишнього середовища	29
2.3. Цілі та завдання радіоекологічного моніторингу	30
2.4. Складові радіоекологічного моніторингу	32
2.5. Комплексний радіоекологічний моніторинг	35
2.6. Методологія радіаційного контролю та радіоекологічного моніторингу	40
2.7. Організація та функціонування системи радіоекологічного моніторингу	42
РОЗДІЛ 3.	
РАДІОЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ	
АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ	47
3.1. Джерела надходження радіоактивних речовин в атмосферу	47

3.2. Вимоги до організації спостережень за радіоактивним забрудненням атмосферного повітря . . .	51
3.3. Пости спостережень, програми і терміни спостережень	54
3.4. Методи відбору проб повітря та оцінювання його радіоактивності	55
3.5. Супутні метеорологічні спостереження при відборі проб повітря	56
3.6. Радіоактивне забруднення атмосфери при пожежах на забруднених радіонуклідами територіях	57

РОЗДІЛ 4.

РАДІОЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ҐРУНТІВ 62

4.1. Джерела радіоактивного забруднення ґрунту	63
4.2. Міграція радіонуклідів у ґрунті	64
4.3. Об'єкти і методи радіоекологічного моніторингу ґрунтів	71
4.4. Проведення гамма-зйомки над поверхнею ґрунту	73
4.5. Відбирання проб ґрунту	76
4.6. Підготовка проб ґрунту до радіометрії і спектрометрії	80
4.7. Визначення щільності радіонуклідного забруднення ґрунту	81
4.8. Методологічні підходи до прогнозування радіоактивного забруднення ґрунтів	81

РОЗДІЛ 5.

РАДІОЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ВОДОЙМ 85

5.1. Джерела надходження радіоактивних речовин у водойми	86
5.2. Завдання радіоекологічного моніторингу водойм	91
5.3. Методи відбору проб води та оцінювання їхньої радіоактивності	91

5.4. Захист водойм від надходження радіонуклідів	98
5.5. Оцінювання та прогнозування радіоактивного забруднення води	99

РОЗДІЛ 6.

РАДІОЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ БІОТИ

6.1. Антропоцентрична та екоцентрична концепція щодо моніторингу біоти	103
6.2. Шляхи формування дози опромінення у різних представників біоти	106
6.2.1. Надходження радіоактивних речовин у рослини ..	106
6.2.2. Надходження радіонуклідів до організму тварин і людини	108
6.3. Організація спостережень за станом біоти на забруднених радіонуклідами територіях	114

РОЗДІЛ 7.

РАДІОЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ

СФЕРИ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА

7.1. Мета і завдання радіоекологічного моніторингу агропромислового виробництва	124
7.2. Об'єкти радіоекологічного моніторингу агропромислового виробництва	126
7.3. Структура системи радіоекологічного моніторингу агропромислового виробництва	131
7.4. Складові радіоекологічного моніторингу агропромислового виробництва	131
7.4.1. Оцінка потужності γ -випромінювання	133
7.4.2. Визначення щільності радіонуклідного забруднення сільськогосподарських угідь	133
7.4.3. Відбирання проб для радіометрії	134
7.5. Оптимізація відбору і вимірювань проб при радіоекологічному моніторингу	144

РОЗДІЛ 8.	
ОРГАНІЗАЦІЯ РАДІОЕКОЛОГІЧНОГО	
МОНІТОРИНГУ В УКРАЇНІ І В СВІТІ	150
8.1. Організації, що здійснюють радіоекологічний моніторинг в Україні	152
8.2. Організація моніторингу за станом	158
навколишнього середовища на території	158
зони відчуження Чорнобильської АЕС	158
8.3. Інтеграція України в міжнародну систему радіоекологічного моніторингу	162
8.4. Міжнародні рекомендації з питань радіоекологічного моніторингу навколишнього середовища й опромінення населення	164
8.5. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів у кормах, сировині, харчових продуктах та питній воді в Європейському співтоваристві, Україні та інших країнах	171
8.6. Сучасна радіоекологічна ситуація в Україні	176
ПІСЛЯМОВА	183
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	185

ПЕРЕДМОВА

Природні зміни у стані довкілля вже здавна спостерігаються та вивчаються існуючими в багатьох країнах, у тому числі і в Україні, кліматичними, гідрометеорологічними, геофізичними та деякими іншими службами. Проте для того, щоб помітити певні зміни на фоні різних природних та антропогенних явищ, виявити закономірності їхнього проявлення, а головне – прогнозувати, передбачати такі зміни, виникла потреба в організації спеціальних систематичних досліджень за станом довкілля. З метою забезпечення функціонування системи таких спостережень та контролю навколишнього середовища, яка дає можливість виявити зміни, спричинені антропогенною діяльністю, потрібна детальна інформація про природні коливання та зміни у довкіллі. Для цього організовані спеціальні служби моніторингу, завданням яких є отримання такої інформації.

У статті 50 «Конституції України» від 1996 р. говориться: «Кожен має право на безпечне для життя і здоров'я довкілля та на відшкодування завданої порушенням цього права шкоди. Кожному гарантується право вільного доступу до інформації про стан довкілля, про якість харчових продуктів і предметів побуту, а також право на її поширення. Така інформація ніким не може бути засекречена».

Відповідно до «Стратегії Державної екологічної політики України на період до 2020 р.» одним із інструментів її реалізації є моніторинг стану довкілля та контроль у сфері охорони навколишнього середовища і забезпечення екологічної безпеки.

При цьому моніторинг розглядається як керований процес, завданням якого є відповідний (постійний, періодичний, циклічний) контроль динаміки основних процесів – фізичних, хімічних, біологічних та інших у природних умовах і за антропогенного навантаження. Такий підхід дає змогу поєднати окремі елементи природного середовища в єдину систему, розробити спеціальний моніторинг радіаційного стану флори, фауни, людини та отримати цілісне уявлення про стан біосфери.

Збільшення рівнів радіаційного навантаження на навколишнє середовище зумовило необхідність проведення радіоекологічного моніторингу, реалізація якого може бути умовно розділена на два підходи: радіаційний моніторинг за нормальних умов, що не є якоюсь принципово новою системою, та не потребує організації мережі нових станцій спостереження, ліній та телекомунікацій, центрів обробки даних та інших служб, і моніторинг аварійних територій, забруднених внаслідок аварій на об'єктах ядерно-паливного циклу (ЯПЦ), для контролю над якими створюються мережі спеціалізованих моніторингових пунктів. Він входить складовою частиною до загальної системи спостереження та контролю стану довкілля, що давно функціонує в ряді держав.

Фактично радіоекологічний моніторинг на території колишнього СРСР, у тому числі і в Україні, почав здійснюватися після великої радіаційної аварії на Південному Уралі у 1957 р. в Челябінській області біля міста Киштим на підприємстві з виробки ^{239}Pu для ядерної зброї. Але особливу актуальність і значення він набув у нашій країні після аварії на Чорнобильській АЕС. За офіційною оцінкою 1986 р. під час цієї аварії, найбільшої за всю історію розвитку ядерної енергетики, яка одержала статус глобальної катастрофи, на висоту до 7 км було викинуто більше 5×10^{18} Бк суміші радіоактивних ізотопів у вигляді аерозолу (без урахування радіоактивних інертних газів). За оцінками Наукового комітету Організації Об'єднаних Націй із впливу атомної радіації у навколишнє середовище надійшло $8,5 \times 10^{16}$ Бк ^{137}Cs , приблизно 4×10^{15} Бк ^{90}Sr і більше ніж $3,6 \times 10^{15}$ Бк ізотопів трансуранових елементів – $^{238-241}\text{Pu}$, ^{241}Am , $^{242-244}\text{Cm}$. Площею, на якій радіонуклідне забруднення за ^{137}Cs зі щільністю понад 37 кБк/м², опинилась територія приблизно 150 тис. км² на стику України, Білорусі й Росії, де проживає й тепер понад 6 мільйонів людей. Майже 360 тисяч із них були евакуйовані й виселені з забруднених територій на постійне мешкання інші регіони. В Україні з господарського вжитку були виведені землі площею понад 4500 км². Радіоактивного забруднення за ^{137}Cs зі щільністю понад 37 кБк/м² (1 Кі/км² – межа, що розділяє забруднені й умовно чисті території) зазнали 1,2 млн. га сільськогосподарських угідь у 74 районах 12 областей країни. Наразі потребують реабіліта-

ції й повернення до господарського використання за призначенням 130,6 тис. га сільськогосподарських угідь.

Згідно з Положенням про державну систему моніторингу довкілля, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України № 391 від 30 березня 1998 р., радіаційно-екологічний моніторинг території є невід'ємною складовою частиною державної системи моніторингу. Його проведення обов'язкове за будь-яких умов, визначається законодавством та відомчими нормативними документами. Питання оперативної оцінки радіаційного стану об'єктів довкілля та прийняття рішень щодо мінімізації негативних наслідків впливу радіоактивного забруднення на ці об'єкти, в тому числі й людину та інші живі організми, гостро стоїть і сьогодні, через багато років у так званий віддалений період після аварії на Чорнобильській АЕС.

Основними і потенційними джерелами радіоактивного забруднення в мирний час є атомні електростанції, підприємства ядерно-паливного циклу, підприємства з переробки ядерних відходів, місця захоронення відходів, джерела іонізуючого випромінювання, що використовуються у промисловості, медицині тощо.

Зараз в Україні на 4-х АЕС працюють 15 енергетичних ядерних реакторів. Значна частина ядерних реакторів Європи (а їх понад 150) знаходиться в межах можливої трансграничної дії аварійної ситуації. Величезна кількість радіонуклідів (близько 800 ПБк) усе ще знаходиться в об'єкті «Укриття» у зоні відчуження Чорнобильської АЕС. У медицині, промисловості, наукових закладах України використовуються декілька десятків тисяч радіоактивних джерел. Незважаючи на великі зусилля з підвищення безпеки експлуатації ядерних реакторів та інших ядерних об'єктів, усі вони є потенційними джерелами радіаційної небезпеки й можливого радіоактивного забруднення навколишнього середовища.

У нашій державі радіоекологічний моніторинг проводиться підрозділами таких Міністерств: з питань надзвичайних ситуацій (МНС), охорони здоров'я (МОЗ), аграрної політики і продовольства (Мін-агрополітики), екології та природних ресурсів України (Мінприроди), а також Держкомлісгоспом, Держводгоспом, Державною агенцією з керування зоною відчуження (ДАЗВ), Державним підприємством

«Національна атомна енергогенеруюча компанія «Енергоатом», та деякими науково-дослідними інститутами, лабораторіями зовнішньої дозиметрії підприємств ядерно-паливного циклу тощо.

Разом з тим, реформування міністерств і відомств, трансформація соціально-економічних і трудових відносин, зміна умов господарювання потребують удосконалення і розвитку єдиних методологічних засад, нормативної бази та сучасних методів радіоекологічного моніторингу забруднених радіонуклідами територій. Рівні радіоактивного забруднення навколишнього середовища та інтенсивність випромінювання, які визначають ступінь впливу іонізуючої радіації на людину та інші організми, змінюються в просторі й часі, що зумовлює необхідність оптимізації підходів та удосконалення пріоритетів радіоекологічного контролю з метою підвищення його ефективності, якості, узгодження та гармонізації з новими економічними та соціальними умовами.

Враховуючи те, що з часом саме забруднені радіоактивними речовинами ґрунти, сільськогосподарські угіддя стають основними джерелами подальшої тривалої міграції радіонуклідів трофічними ланцюгами, а виробництво і споживання продукції рослинництва й тваринництва зумовлює основний шлях їхнього надходження до організму людини, особливу актуальність набуває моніторинг радіаційної ситуації в агропромисловому комплексі.

Цей навчальний посібник підготовлений для магістратури зі спеціальності екологія. Зважаючи на те, що слухачі вже пройшли курси радіобіології та радіоекології, основи цих наук, зокрема розділів, що стосуються радіометрії, дозиметрії, дії іонізуючої радіації на живі організми та деякі інші тут не розглядаються.

Передмова до навчального посібника, розділ 1, підрозділи 2.1-2.4, 3.1-3.3, 4.1-4.4, розділ 5 та післямова підготовлені І.М. Гудковим; підрозділи 3.4-3.8, 4.5-4.8, 6.1-6.2 та розділ 7 – В.О. Кашпаровим; підрозділи 2.5-2.7, 6.3-6.4 та розділ 8 – О.Ю. Паренюк.