

Тема 5. Радіоекологічний моніторинг водойм

5.1. Джерела надходження радіоактивних речовин у водойми. 5.2. Завдання радіоекологічного моніторингу водойм. 5.3. Методи відбору проб води та оцінювання їх радіоактивності. 5.4. Захист водойм від надходження радіонуклідів. 5.5. Оцінювання та прогнозування радіоактивного забруднення води.

Україна належить до держав з порівняно низьким водоресурсним потенціалом. І в країні, як у більшості країн світу, все гостріше стає проблема виснаження водних ресурсів внаслідок їхнього техногенного забруднення. Тому важливою складовою раціонального водокористування є моніторинг водойм, який виконується Держаним агентством водних ресурсів, гідрометеорологічною та гідрологічною службами та деякими іншими суб'єктами. Попри те, що в країні виконується достатньо великий обсяг спостережень, у наявній системі моніторингу, у тому числі й радіоекологічного,

існує низка проблем. До числа найголовніших належить технічна відсталість, нестача лабораторного устаткування, досить значна закритість результатів. Відсутність автоматизованих спостережень на більшій частині території визначає неможливість адекватного реагування на небезпеки природного і техногенного характеру. Негативним явищем є зменшення кількості пунктів спостереження і спрощення їх програм.

Що стосується радіонуклідного забруднення водних ресурсів, то для України у теперішній час це не є головною проблемою. Навіть у гострий період розвитку аварії на Чорнобильській АЕС в 1986 р. питна вода, не дивлячись на великі рівні радіонуклідного забруднення більшості об'єктів навколишнього природного середовища, як правило, відповіла тимчасовим допустимим рівням вмісту радіонуклідів. Це було зумовлене специфікою фізико-хімічного стану радіонуклідів у складі слаблорозчинних у воді аерозолів з великою питомою масою. Проте, майже всі великі річки України є транскордонними і небезпека радіоактивного забруднення може надійти ззовні.

Вивчення розподілу радіоактивних речовин у водних екосистемах має важливий практичний і теоретичний інтерес в першу чергу у зв'язку з експлуатацією підприємств атомної енергетики, а також в рамках дослідження загальних закономірностей міграції і концентрування природних і штучних радіонуклідів різними компонентами гідробіоценозів і участі в цих процесах живих організмів. Це є необхідним для розуміння і подальшого прогнозування наслідків радіонуклідного забруднення, процесів природного самоочищення водних екосистем для ефективного пошуку шляхів відновлення їх нормального функціонування, а також для виконання заходів, пов'язаних із забезпеченням радіаційної безпеки найбільш радіочутливих видів гідробіонтів і людини. Достатньо важливим з одного боку є отримання відомостей про долю радіоактивних речовин, що надходять у водойми, а з іншого боку – вирішення важливих практичних задач, пов'язаних з розробкою методів біологічного очищення і дезактивації водних екосистем, що опинилися в умовах інтенсивного радіонуклідного забруднення.

Під радіоактивним забрудненням води слід розуміти вміст в ній природних чи штучних радіонуклідів у таких кількостях, у яких її споживання у якості питної чи поливної води може завдати шкоду для здоров'я людини.

Радіоекологічний моніторинг водойм – це система послідовних спостережень над рівнем радіоактивного забруднення води, а також збирання, оброблення даних про рівень радіоактивності окремих його компонентів (гідробіонтів, донних відкладень та інших), прогнозування їх змін та розроблення науково обґрунтованих рекомендацій щодо розробки заходів захисту водойм від радіоактивного забруднення, для прийняття рішень, які можуть позначитися на стані вод.

5.1. Джерела надходження радіоактивних речовин у водойми

Два основних первинних джерела надходження радіонуклідів у водойми:

- аеральне – випадіння радіоактивних ізотопів, як природних, так і штучних, з атмосфери на дзеркало водойм;
- розчинення у водоймах радіоактивних елементів та ізотопів земної кори.

Вторинне забруднення водойм радіоактивними речовинами формується за рахунок:

- вітрового підйому і переносу радіоактивного пилу на дзеркало водойм;
- змиву радіоактивних речовин з площ водозборів під час дощів, сніготанень, весняних паводків;
- змиву радіоактивних речовин з берегів забруднених радіонуклідами територій під час повеней;
- переносу радіонуклідів водними потоками малих і великих річок.

Радіоактивність гідросфери формується за рахунок природних радіонуклідів, що надходять у водні екосистеми з атмосфери і земної кори, а також у результаті забруднення штучними радіонуклідами, викликаного діяльністю людини – при випробуваннях ядерної зброї, видаленні в навколишнє

середовище радіоактивних відходів, розробки радіоактивних руд і при аварійних ситуаціях на підприємствах ядерного паливного циклу.

Природні радіонукліди надходять у відкриті водойми з атмосфери, утворюючись при взаємодії космічного випромінювання з ядрами водню, азоту, кисню, аргону та іншими (космогенні радіонукліди). До основних космогенних радіонуклідів, що потрапляють на водну поверхню і території водозборів переважно з атмосферними опадами, відносяться ^3H , ^7Be , ^{14}C , ^{22}Na , ^{26}Al , ^{32}P , ^{36}Cl .

Іншим важливим джерелом природної радіоактивності прісних вод є радіонукліди, які мігрують у відкриті водойми з підземними водами з гірських порід, що складають товщу земної кори (так звані первинні радіонукліди). Найбільше дозоформує та санітарно-гігієнічне значення для водних організмів і людини мають ^{14}C , ^{40}K , ^{210}Pb , ^{222}Rn , ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{232}Th , ^{238}U . Максимальна кількість ^{226}Ra , ^{232}Th ^{238}U зустрічається в магматичних породах, наприклад в гранітах, а мінімальна – у вапняках. Калій, торій і радій, як правило, мають тенденцію концентруватися в гірських породах з високим вмістом кремнію. Такий розподіл обумовлює підвищену радіоактивність підземних вод, приурочених до гранітів, і відносно малі концентрації радіоактивних речовин в підземних водах, що знаходяться в товщі осадових порід. Ця обставина набуває важливе значення при оцінці ролі підземних вод в збагаченні радіоактивними речовинами води поверхневих водойм.

На формування природної радіоактивності поверхневого стоку в межах водного басейну може також впливати вміст радіонуклідів, що знаходяться в ґрунтовому покриві, який в значній мірі залежить від характеру підстилаючих порід, питомої радіоактивності, типу ґрунтів, їхнього гранулометричного, хімічного, мінералогічного складу та деяких інших факторів.

Умови збагачення підземних вод природними радіонуклідами різноманітні та складні. Вони визначаються комплексом геологічних, гідрологічних і фізико-хімічних процесів. При цьому з одного боку, підземні води впливають на вміст радіонуклідів у гірських породах, а з іншого – вміст радіонуклідів у підземних водах визначається формою знаходження і

концентрацією радіоактивних елементів в гірських породах. Між вмістом радіонуклідів в гірських породах та їх кількістю у водах, що контактують з цими породами, існує динамічна рівновага.

Одним з прикладів міграції природних радіонуклідів з товщі земної кори на поверхню можуть слугувати так звані радіоактивні джерела. До них відносяться виходи на поверхню підземних вод, в яких міститься радону більше 18,5 Бк/л, радію більше 0,37 Бк/л, урану більше 3×10^{-5} г/л. Є багато випадків, коли кількість радіоактивних елементів досягає таких значень, що вода стає джерелом їх отримання. Так аж до п'ятдесятих років минулого століття у деяких місцях, зокрема у Комі республіці поблизу м. Ухта (Росія) забруднені солями радію ґрунтові води були одним з основних джерел отримання радію для цілей радіаційної терапії злоякісних новоутворень.

Різноманіття реальних й потенційно можливих чинників техногенного забруднення радіоактивними речовинами поверхневих водойм може бути зведене до трьох основних груп: радіоактивним відходам, продуктам ядерних і термоядерних вибухів, а також таких, що сформувалися в результаті аварійних ситуацій на підприємствах ядерного паливного циклу.

Джерелами радіоактивних відходів є головним чином підприємства, на яких видобувається та переробляється радіоактивна сировина для отримання ядерного палива, енергетичні ядерні установки, а також установи (наукові, медичні та інші), котрі виконують роботи з радіоактивними ізотопами.

За агрегатним станом розрізняють рідкі, тверді та газоподібні радіоактивні відходи. При цьому провідна роль в забрудненні водойм належить рідким радіоактивним відходам уранових копалень і заводів, ядерних реакторів, радіохімічних заводів, а також відходам науково-дослідних і медичних установ. Видалення рідких відходів у водойми зазвичай носить достатньо тривалий характер, що обумовлює, відповідно, і тривалий період забруднення останніх.

Величезна кількість радіоактивних речовин утворюється в результаті ядерних вибухів при випробуванні ядерної зброї та проведенні промислових вибухових робіт. В даний час на Землі не існує поверхневих водойм, вода яких

не містила б таких довгоживучих нуклідів як ^{90}Sr або ^{137}Cs , джерелами яких стали випробування ядерної зброї. Залежно від характеру і умов проведення цих випробувань утворюються радіоактивні аерозолі різних розмірів, структури і складу, що впливають на особливості формування і надходження радіоактивних випадань у водойми.

Основної уваги як чинник забруднення гідросфери заслуговують стратосферні (глобальні) випадання. Внаслідок тривалої затримки в стратосфері короткоживучі нукліди розпадаються і залишаються переважно довгоживучі, з яких домінуючу роль як забруднювачів знову ж таки грають добре розчинні у воді ^{90}Sr і ^{137}Cs .

Аварійні ситуації на підприємствах ядерного паливного циклу відносяться до найбільш драматичних подій, що відбуваються у галузі атомної енергетики, а наймасштабніші з них супроводжуються значним надходженням радіоактивних речовин в навколишнє середовище, включаючи водні екосистеми.

Розрізняють радіоекологічний моніторинг континентальних поверхневих водойм і світового океану.

Безперечно, основним компонентом континентальних прісних водойм є вода, яка формує головний компартмент всього живого – питну воду. При радіоактивному забрудненні прісних водойм вона може стати основним дозоутворюючим джерелом опромінення людини.

На Землі є немало місць, де природні водні джерела містять підвищені кількості природних радіоактивних елементів. Є такі місця і в Україні – у київській, житомирській та в інших областях. Такі води застосовуються як лікувальні – бальнеологічні. Споживати воду з таких джерел у якості питної не рекомендується.

Є місця, де водойми забруднені штучними радіонуклідами. Так, на Південному Уралі у регіоні м. Челябінська протягом 1949–1952 рр. у систему р. Теча з підприємств, що виконували програму так званого ядерного захисту СРСР, видалялися без очищення високорадіоактивні рідкі відходи. Разом було

скинуто $1,2 \times 10^{16}$ Бк ^{90}Sr (більше, ніж було викинуто під час аварії на Чорнобильській АЕС) і $1,3 \times 10^{16}$ Бк ^{137}Cs . У 1967–1970 рр. там же на Уралі відбулося забруднення території площею близько 1800 км^2 завдяки вітрового переносу радіоактивного пилу з берегів озера Карачай, котре також використовувалось для захоронення радіоактивних відходів. Було рознесено 6×10^{12} Бк ^{90}Sr і $1,7 \times 10^{13}$ Бк ^{137}Cs .

Потенційними забруднювачами радіоактивними речовинами вод світового океану є ядерні реактори і атомне озброєння підводних човнів, що затонули з різних причин; відпрацьовані ядерні реактори, затоплені в морях з метою захоронення, які ще містять ядерне паливо та продукти його розпаду; втрачені штучні супутники з ядерними реакторами, як, наприклад, два радянських супутники із серії „Космос”, котрі впали в океанічні води.

5.2. Завдання радіоекологічного моніторингу водойм

Основними завданнями радіоекологічного моніторингу водойм є такі:

- спостереження та контролювання рівня радіонуклідного забруднення води;
- вивчення динаміки вмісту окремих радіонуклідів в компонентах водойм (воді, донних відкладеннях, біоті);
- дослідження закономірностей виносу радіоактивних речовин через гирлові створи річок у водойми;
- розробка рекомендацій щодо захисту водойм від радіонуклідного забруднення та їх очищення від радіонуклідів;
- прогноз можливого радіонуклідного забруднення водойм у випадку радіоактивного забруднення території.

5.3. Методи відбору проб води та оцінювання їх радіоактивності

Рівень природної радіоактивності води може значно коливатися залежно від характеру водойм і ступеня їх мінералізації. Але, як правило, сумарна активність її не перевищує 1,85 Бк/л (5×10^{-11} Кі/л).

Що стосується забруднення штучними радіонуклідами, то це залежить від радіаційної ситуації, що склалася в регіоні. За рахунок глобальних радіоактивних випадів сумарна радіоактивність води відкритих водойм не перевищує 0,1–0,3 Бк/л. Під час радіаційної аварії на Південному Уралі у 1957 р., коли у навколишнє середовище була викинута велика кількість ^{90}Sr переважно у вигляді гідрозолів, рівень активності води у регіоні аварії досягав 10 Бк/л. А при скидах радіоактивних відходів НВО «Маяк» у 1949–1953 рр. у річку Теча в тому ж регіоні рівень радіоактивного забруднення води сягав сотень бекерелів на літр.

Під час аварії на Чорнобильській АЕС у 1986 р. переважна кількість радіонуклідів була викинута у формі важкорозчинних аерозолів, які випавши на дзеркало водойм у повному сенсі слова каменем пішли на дно. До тепер основна кількість радіоактивних речовин знаходиться у донних відкладах – у мулі. Тому протягом усього після аварійного часу, за винятком його гострого періоду (декілька перших місяців), радіоактивне забруднення води не перевищувало допустимих рівнів. Натепер у водоймах за межами зони відчуження воно становить 0,02–0,2 Бк/л за допустимого рівня 2 Бк/л.

У теперішній час вміст радіонуклідів у ґрунтових і поверхневих водах відповідає гігієнічним нормативам для питної води (2 Бк/л) і воді для зрошення (1 Бк/л) і не становлять небезпеки для населення. В 2008 р. вміст ^{90}Sr і ^{137}Cs у воді р. Прип'ять був нижчим за ДР-2006 більш ніж вдесятеро, і навіть у ставку-охолоджувачі Чорнобильської АЕС відповідав нормативу для питної води. Вміст ^{90}Sr і ^{137}Cs у ґрунтовій воді водозаборів м. Прип'ять і м. Чорнобиль нижчий за ДР-2006 більш ніж у 100 разів. Наукові дослідження і зроблені на їх основі прогнози показали, що міграція радіонуклідів у ріки із захоронень радіоактивних відходів у зоні відчуження також не становить небезпеки і в

майбутньому не чинитиме істотного впливу на радіоактивне забруднення води Дніпровського каскаду.

Відбір проб з водної поверхні, як правило, не являє складної задачі. Стационарні спостереження передбачають відбір проб води для радіометричного і радіохімічного аналізу з глибини 0,2–0,5 м. Проби відбирають у чистий скляний, пластмасовий посуд, що герметично закривається, термоси, попередньо ополоснувши його тричі цією водою. Звичайно відбір здійснюють емальованим відром об'ємом 10 л. Відбір проводять у різних частинах акваторії водойма. Проби води з річок відбирають в декількох пунктах у обох берегів і посередині річки на глибині 0,5 м, а якщо глибина річки перевищує 2–3 м, то проби води беруть також на глибині 0,5 м від дна. Звичайно у річках відбір проб проводять по лінії, перпендикулярній напрямку течії, починаючи від одного берега до другого, у трьох–пяти місцях на різній глибині – з поверхні, у середині товщі води та поблизу дна. У озерах і ставках проби відбирають по перпендикулярним діагоналям аналогічно відбору в річках.

Проби води із заданої глибини відбирають за допомогою батометрів чи пробовідбірників води – спеціальних приладів різного об'єму, які забезпечують герметичне їх відкривання і закривання на певній глибині, запобігаючи надходження води з інших шарів (рис. 5.1). Так пробовідбірна система СП-2 призначена для відбору проб природних та стічних вод з метою визначення в них вмісту різних забруднюючих речовин у тому числі й радіонуклідів. Вона дозволяє здійснювати відбір проб води з криниць, водоймищ природного і штучного походження, включаючи водойми, вкриті льодом. Прилад з встановленою бутлем опускається у водойму без посиленого вантажу. У міру опускання спливає зовнішній поплавок і перекриває отвори зовні корпусу, перешкоджаючи надходженню води в камеру корпусу, а отже і в бутель. При досягненні необхідної глибини (до 3 м), по тросу надсилається вантаж, який переміщує поплавок в нижнє положення, відкриваючи отвори в корпусі. Після заповнення водою бутлі і камери в корпусі (приблизно через 30 секунд від

посилу вантажу) спливає клапан, що перебуває усередині корпусу, і перекриває отвори в корпусі зсередини. Система з відібраною пробєю піднімається на поверхню.



Рис. 5.1. Прилади для відбору проб води: 1 – батометр Молчанова (висота приладу 65 см, об'єм 4 л); 2 – пробовідбірники ПЕ-1220 і 3 – СП-2.

При необхідності проби пропускають через фільтри для відділення зваженої речовини. Якщо передбачається зберігання проб більшій доби, то для зменшення втрат радіонуклідів від їх сорбції на стінках ємностей, проби консервують додаванням соляної, сірчаної або азотної кислоти до рН 1 (практично це одна крапля концентрованої кислоти на 1 л об'єму проби) і зберігають у пластикових ємкостях.

При низькому рівні вмісту окремих радіонуклідів воду концентрують шляхом випаровування за тривалого кип'ятіння.

За рекомендацією Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) рівні загальних концентрацій α - і β -випромінюючих радіонуклідів у питній воді не повинні перевищувати 0,1 і 1,0 Бк/л відповідно. Для визначення таких рівнів активності рекомендується у якості найпростішої операції концентрування застосовувати упарювання проб об'ємом 1 л. Спочатку літрова проба води випаровується до мінімального об'єму, потім концентрат переноситься у спеціальні чашечки-кювети, у яких ви паровується досуха. Вимірювання

загальної α -активності проводиться, як правило, за допомогою сцинтиляційного лічильника. Для оцінки загального β -випромінювання звичайно застосовують газорозрядні лічильники.

Для визначення багатьох радіонуклідів концентрування проб проводять шляхом співосадженням або використовують сорбційне концентрування. Так, ^{90}Sr концентрують, співосаджуючі з карбонатами або оксалатами кальцію. Сорбенти на основі подвійних фероціанідів калію і перехідних металів ефективно поглинають ізотопи ^{134}Cs і ^{137}Cs . Для визначення ізотопів плутонію відбирають проби великого об'єму, до 200 л, співосаджуючи їх гідроксидом заліза або діоксидом марганцю. Для концентрування ізотопів торію використовують сорбенти на основі того ж діоксиду марганцю.

Питну воду відбирають зі всіх вододжерел, при цьому слід мати на увазі, що при водозаборі з відкритого водоймища (не взмучивать осад!) необхідно брати воду і з-під крана. Об'єм проби повинен бути не менше 1 л. Перед заповненням ємності її слід обполоснути досліджуваною водою.

Радіоекологічний моніторинг водойм звичайно передбачає проведення відбору проб води 7 разів на рік:

- під час повені: на підйомі, максимумі і спаді (3 відбори);
- під час літньої межені: при найменшому рівні води і при проходженні дощового паводка (2 відбори);
- восени перед льодоставом (1 відбір);
- під час зимової межені (1 відбір).

Проби води поділяють на прості і змішані. Прості проби характеризують якість води у певному пункті відбору, відбираються у визначений час у необхідному об'ємі.

Змішані проби об'єднують кілька простих проб з метою характеристики якості води за певний період часу або певної ділянки досліджуваного об'єкта.

Залежно від мети досліджень вдаються до разового або регулярного відбору проб.

Разовий відбір проб застосовують, коли радіоактивність води змінюється в просторі (глибина, акваторія) водоймища і в часі несуттєво.

Регулярний відбір проб здійснюють, коли очікується, що радіоактивність води може змінюватися. Так, зокрема, було під час гострого періоду розвитку аварії на Чорнобильській АЕС. Втім і пізніше під час злив, повеней радіоактивність води у водоймах забруднених радіонуклідами територій може змінюватись як у бік підвищення, так і пониження. Саме тому радіоекологічний моніторинг водойм, особливо тих, що слугують джерелами питної і зрошувальної води є важливим завданням відповідних служб.

У зв'язку з тим, що основна маса радіонуклідів може знаходитись у донних відкладах, з котрих вони можуть переходити у воду, важливим завданням радіоекологічного моніторингу є відстеження динаміки їх вмісту у цьому компоненті водойм. Відбір проб донних відкладень здійснюють звичайними бурами для відбору проб ґрунту, описаних у попередньому розділі (рис. 4.1), або спеціальними пробовідбірниками у різних частинах акваторії як і при відборі проб води: у річках по лінії, перпендикулярній напрямку течії у трьох–п'яти точках від одного берега до другого, у озерах – по перпендикулярним діагоналям також від одного берега до другого у трьох–п'яти місцях по кожній діагоналі. Спеціальні пробовідбірники донних відкладень дозволяють відбирати як загальну пробу з певної глибини, так і пошарові. Так, пробовідбірник донних відкладень Р 12 42 універсальний (рис. 5.2) дозволяє проводити забір проб із субстанцій, що мають рівень вологості від твердих до рідких з глибини до 5 м. Пробовідбірник складається з прозорого корпусу довжиною 1 м і діаметром 5 см, який дозволяє проводити первинний огляд і оцінку відібраного зразка; головки з ріжучим краєм для твердих відкладів, який забезпечує збереження структури проби, і головки з кулястим клапаном для рідких субстанцій; поршнем, який з одного боку забезпечує заповнення пробовідбірника на 100%, а з іншого – вибирання проби без порушення її пошарової структури..

Відібрані проби донних відкладень упаковують аналогічно зразкам ґрунту або поміщають у спеціальну герметичну тару.



Рис. 5.2. Пробовідбірник донних відкладень Р 12.42 універсальний.

5.4. Захист водойм від надходження радіонуклідів

Основним прийомом захисту водойм є загорожа їх земляними валами і дамбами. Такі споруди з одного боку захищають водойма від змиву радіонуклідів з забруднених територій дощовими і талими водами, а з другого – від змиву радіонуклідів з забруднених берегів у період весняних паводків.

З метою зменшення переносу радіонуклідів течіями річок улаштовують спеціальні ями-пастки забрудненого мулу, „донні сховища”, які являють собою поперечні канавоподібні заглиблення по дну річок між берегами, різні фільтруючі перемички, греблі, запруди. Ці контрзаходи, що були здійснені під час ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС в 1986–1987 рр. на Дніпрі та його притоках, показали їх достатньо високу ефективність.

Для очищення від радіонуклідів невеликих водойм типу ставків іноді використовують відносно дешеві сорбенти на основі природних мінералів, котрі дозволяють видобути з води, осадити і закріпити їх у донних відкладеннях з наступним механічним видаленням.

Аналогічно розглянутому вище прийому очищення ґрунтів від радіонуклідів за допомогою рослин – фітодезактивації для очищення водою також можна застосовувати рослини. Цей спосіб одержав назву різифільтрації (від грецького *rhiza* – корінь). В умовах водної культури рослини, як і всі гідробіонти, мають дуже великі K_n радіонуклідів. Так, якщо максимальні їх значення у коренях деяких видів вищих рослин на дерново-підзолистих ґрунтах легкого гранулометричного складу для ^{90}Sr і ^{137}Cs можуть досягти 10–20, то в умовах водою досягають сотень і навіть тисяч. Саме тому окремі види як водяних, так наземних рослин можуть бути використані для очищення від радіонуклідів невеликих водою.

Але тут, як і у випадку з фітодезактивацією ґрунтів, виникає проблема утилізації чи ліквідації радіоактивної біомаси.

Інститутом мікробіології та вірусології НАН України запропонована мікробна біотехнологія очищення стічних вод від радіонуклідів та важких металів за допомогою штучних мікробних угруповань. На їх основі створені спеціальні препарати „Мікробний біокаталізатор” (МБК), „Змішані мікробні угруповання” (ЗМУ), які являють собою стійкі у воді гранули, що складаються з живих мікроорганізмів і необхідних для них поживних речовин. Гранули зберігають свою структуру та функції протягом 2–3 років. Пропускаючи забруднену радіонуклідами воду через колонки з гранулами, можна досягти практично повного її очищення від ізоопів стронцію, цезію, америцію, плутонію, урану. Безперечно, масштаби застосування такої технології досить обмежені.

В цілому, як показав досвід ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС більшість водоохоронних контрзаходів економічно дуже дорогі і при цьому мають досить обмежену радіаційно-гігієнічну ефективність.

5.5. Оцінювання та прогнозування радіоактивного забруднення води

Як і для більшості видів різноманітної продукції і продуктів харчування, існують так звані допустимі рівні радіоактивного забруднення води питної і

води для інших господарських потреб. І вода повинна відповідати ним, тобто не перевищувати їх.

Що стосується природних радіонуклідів, то можна з повною упевненістю стверджувати, що тільки в окремих унікальних випадках у місцях виходу на поверхню можна спостерігати випадки перевищення допустимих рівнів у ґрунтових водах за вмістом ^{226}Ra , ^{232}Th та деяких інших.

Інші ситуації можуть складатися у випадках радіаційних аварій на підприємствах ядерного паливного циклу. І ситуація, яка виникла на території України після аварії на Чорнобильській АЕС, може слугувати яскравим прикладом.

Чорнобильська АЕС розташована у північній частині країни у зоні найбільшого водозабезпечення. Вона заболочена, насичена великою кількістю озер, малих і середніх річок. Сама станція побудована на березі однієї з найбільших приток Дніпра річки Прип'ять. У цій зоні знаходиться і повноводна середня частина самого Дніпра, який забезпечує питною і зрошувальною водою до 60% населення країни. Тут же знаходиться одне з найбільших в Україні рукотворних водоймищ – Київське водосховище.

І цілком зрозуміло, що вже у перші дні після аварії було висунуте небезпідставне припущення про те, що питна вода і взагалі вода може стати основним джерелом формування дози внутрішнього опромінення населення. Саме тому перші так звані тимчасово допустимі рівні (ТДР) забруднення питної води, затверджені головним санітарним лікарем країни через 10 діб після початку аварії, були дуже високими – 3700 Бк/л (табл. 5.1).

Припущення базувалося на досвіді вже згадуваної радіаційної аварії на Південному Уралі, яка сталася 29 вересня 1957 р. біля міста Киштим у Челябінській області на підприємстві «Маяк», котре займалося наробленням ^{239}Pu для атомної зброї. Тоді у річку Теча, котра входить до басейну річки Об, у вигляді гідрозолі (мікронних крапель рідини) попала величезна кількість радіоактивних відходів. Безперечно, у тій ситуації вода являла собою величезну небезпеку.

Таблиця 5.1. Тимчасові допустимі рівні та Допустимі рівні вмісту радіонуклідів у питній воді після аварії на Чорнобильській АЕС, Бк/л

Допустимі рівні	Тимчасові допустимі рівні					Допустимі рівні		
	Дата	06.05.86	30.05.86	15.12.87	06.10.88	22.01.91	1997	2006
Бк/л		3700	370	20	20	20	2	2

При аварії на Чорнобильській АЕС основна маса радіоактивних речовин являла собою аерозоль – тверді частинки ядерного палива, конструкційних матеріалів та інших мікронних розмірів різного походження, сформованих при температурі понад 1000°C. Ці дуже слабо розчинні утворення, котрі, впавши на дзеркало водойм, у повному сенсі слова каменем пішли на дно. Стало зрозумілим, що вода не буде сильно забруднена в результаті їх попадання у водойми і через 24 доби ТДР були зменшені на порядок. На сам кінець 1986 р. до 98% радіоактивності, що впала на водойми, знаходилася у донних відкладах, 1% у біоті (рибі, водоростях) і приблизно стільки ж – 1% у воді. Саме тому вже у кінці 1987 р. ТДР були знижені до 20 Бк/л і такими залишалися до 1997 р. У тому році були введені вже постійно діючі Допустимі рівні (ДР), які були встановлені на рівні 2 Бк/л як для ^{90}Sr , так і ^{137}Cs . Цей рівень забруднення питної води був підтверджений у 2006 р. і залишився діючим до теперішнього часу.

Слід відмітити, що як значення ТДР, так і ДР для води за весь післяаварійний час практично не були перевищені, хоча й були досить вимогливими. На тепер рівень забруднення дніпровської води, як інших водойм України, за винятком, безперечно, тих, що знаходяться на території відчуження, не перевищує 0,1–0,2 Бк/л.

Враховуючи багатократне внесення радіонуклідів в ґрунт при поливі і можливість їх акумуляції, допустимий рівень для зрошувальної води є ще більш жорсткішим – 1 Бк/л.

От же, тут для прикладу був розглянутий приклад залежності долі радіонуклідів в часі, тобто прогнозу на його стан у наступному, від лише одного показника – фізико-хімічного стану радіонуклідів. Таким чином, прогнозування вмісту радіонуклідів у воді у випадках радіаційних і ядерних інцидентів має враховувати велику кількість чинників: хімічний і фізичний стан радіонуклідів, хімічні властивості води (рН, ступінь мінералізації, жорсткість), проточність та інші.

Контрольні запитання до розділу 5:

1. Що розуміється під радіоактивним забрудненням водойм?
2. Суть радіоекологічного моніторингу водойм.
3. Шляхи надходження радіонуклідів до водойм.
4. Основні завдання радіоекологічного моніторингу водойм.
5. Основна методологія відбору проб води і донних відкладів для радіометричного аналізу.
6. Скільки раз і у які строки радіоекологічний моніторинг водойм передбачає проведення відбору проб води?
7. Інструменти для відбору проб води та донних відкладень.
8. Можливості захисту водойм від надходження радіонуклідів.