

УДК 502.211: 597.2

А. І. Дворецький

д. б. н.

В. О. Сапронова

к. с.-г. н.

Л. А. Байдак

к. і. н.

Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет

О. М. Маренков

Г. С. Білоконь

к. б. н.

Ю. І. Просяник

О. Ю. Зайченко

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара

РАДІОЕКОЛОГІЯ ВОДОЙМ ПРИДНІПРОВ'Я

Проведено комплексні радіоекологічні дослідження рівнів природних та штучних радіонуклідів у воді, донних відкладеннях, фітопланктоні, вищій водній рослинності, деяких промислових видах риб (в ікрі і дорослих особинах) водойм Придніпров'я. Через 30 років після аварії на ЧАЕС забруднення води ^{137}Cs і ^{90}Sr знаходиться приблизно на доаварійному рівні. Однак існує небезпека вторинного забруднення водного середовища за рахунок міграції радіонуклідів із забруднених донних відкладень і гідробіонтів. Установлено, що природні радіонукліди ^{226}Ra і ^{232}Th здебільшого накопичуються в ікрі ляща, а штучні ^{137}Cs і ^{90}Sr - в ікрі окуня. ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K в більшій мірі акумулюються в м'язовій тканині в іхтіофагів, у меншій - у рослиноїдних риб. Дані свідчать, що вміст радіонуклідів у рибі не перевищує допустимі рівні. Однак, ураховуючи можливість вторинного забруднення води за рахунок донних відкладень, необхідно контролювати вміст радіонуклідів у водних екосистемах Придніпров'я.

Ключові слова: радіонукліди, вода, донні відкладення, водна рослинність, ікра, промислові риби, водосховище.

Постанова проблеми

Основний водний фонд Дніпропетровської області представлений трьома водосховищами на Дніпрі: Дніпровським (Запорізьким), Каховським та Дніпродзержинським. Окрім головного водотоку (р. Дніпро), гідрографічна мережа включає 291 річку та 2932 ставки, сумарний рибогосподарський фонд становить 114,4 тис. га. Разом із експлуатацією водних ресурсів більшість зазначених водних об'єктів традиційно використовувалася для риборозведення. Цей процес в умовах перебудови соціально-економічних і правових відносин у

А. І. Дворецький, В. О. Сапронова, Л. А. Байдак, О. М. Маренков, Г. С. Білоконь,
Ю. І. Просяник, О. Ю. Зайченко

незалежній державі набув неупорядкованого характеру.

Суперечність нормативної бази, неупорядкованість господарювання, відсутність ефективного контролю, екологічний стан водойм на сьогодні обумовили вкрай низьку ефективність рибогосподарського використання більшості водних об'єктів, призвели до формування загрози і дисбалансу функціонування гідросистем у загальноекономічному плані.

Актуальність вивчення радіоекологічної ситуації у регіоні, особливостей накопичення радіонуклідів гідробіонтами водойм з різним рівнем радіонуклідного забруднення визначається тим, що дослідження дозволяють оцінити рівні вмісту токсикантів у гідробіонтах, оскільки по харчовому ланцюгу вони потрапляють до організму людини.

Метою роботи є визначення рівнів вмісту радіонуклідів природного (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K) і штучного (^{137}Cs , ^{90}Sr) походження у воді, донних відкладах, фітопланктоні, вищій водній рослинності, ікрі та молоді риби, в тканинах промислових видів риби.

Об'єкти та методика досліджень

Дослідження проводились у водоймах Придніпров'я.

Об'єктами досліджень були вода, донні відклади, фітопланктон, водна рослинність, ікра та тканини промислових видів риби (карась, щука, плітка, судак, лящ, окунь, білий товстолоб).

Іхтіологічний аналіз матеріалу та підготовку проб до спектрометричного аналізу проводили згідно загальноприйнятих методик [4, 5].

Визначення радіоактивності об'єктів досліджень проводили за допомогою сцинтиляційного спектрометра «Сег – 001 «АКП-С», для обробки спектрів користувалися пакетом програмного забезпечення АК-1. Діапазон вимірювання спектрометра становить від 50 до 3000 кеВ, що дозволяє забезпечити радіоекологічний контроль в об'єктах навколишнього середовища згідно з нормативними документами ДР – 2006 [7].

Результати досліджень

Радіоекологічна ситуація забруднення Дніпровського водосховища спостерігалась в різні періоди з різних джерел: створення ядерної зброї в період холодної війни та проведення інтенсивних ядерних випробувань, призвели до глобального забруднення земної кулі. У навколишньому середовищі з'явилась значна кількість штучних радіонуклідів – ^{137}Cs і ^{90}Sr . Крім цього, у Дніпропетровській області у 1949 р. розпочинається видобуток та переробка уранових руд (м. Жовті Води і м. Дніпродзержинськ).

Особливого значення в цей період набуває діяльність виробничого об'єднання «Придніпровський хімічний завод» (ПХЗ) у м. Дніпродзержинськ. В результаті діяльності на території та за його межами утворилося сім

хвостосховищ («Західне», «Центральний Яр», «Південне-східне», «Дніпровське», «Сухачівське» перша та друга секції та «Лантанова фракція»), два хвостосховища відходів уранового виробництва («ДП-6» та «База С») і цех для отримання окису-закису урану з азотнокислих розчинів (будівля № 103). У хвостосховищах накопичено до 42 млн. тонн відходів переробки уранових руд загальною активністю $2,7 \times 10^{15}$ Бк (середня питома активність – 6,4 кБк/кг), а у сховищах відходів уранового виробництва «ДП-6» та «База С» накопичено до 0,2 млн. тонн відходів уранового виробництва загальною активністю $4,4 \times 10^{14}$ Бк (середня питома активність – 2,2 МБк/кг). Загальна площа хвостосховищ – 2,43 млн., а сховищ відходів уранового виробництва – 0,25 млн. кв. метрів. Потужність експозиційної дози перебуває в межах від 30 до 35000 мкР/год [1].

У хвостосховищі «Західне», що експлуатувалося у 1949-1954 роках (площа – 40 тис. кв. метрів), заскладовано 0,77 млн. тонн відходів-хвостів загальною активністю $1,8 \times 10^{14}$ Бк. Хвостосховище засипано суглинком, щебенем, родючим шаром ґрунту. Споруджено підпірну стінку і водозбірні потоки. На поверхні хвостосховища потужність експозиційної дози гамма-випромінювання становить 30 мкР/год. Забруднення лесових ґрунтів досягає 5,2 м, потужність експозиційної дози гамма-випромінювання ґрунтів – 70 – 130 мкР/год. Перебуває на балансі державного підприємства «Бар'єр» (м. Дніпродзержинськ) [1].

У хвостосховищі «Центральний Яр», що експлуатувалося у 1950-1954 роках (площа – 24 тис. кв. метрів), заскладовано 0,22 млн. тонн відходів-хвостів загальною активністю $1,04 \times 10^{14}$ Бк. Хвостосховище розміщене в яру, перегородженому дамбою. Поверхню засипано шаром ґрунту, окультурено і частково забудовано.

Потужність експозиційної дози гамма-випромінювання на його поверхні становить 24-50 мкР/год. Забруднення підстилкових ґрунтів досягає 10,6 метра, потужність експозиційної дози гамма-випромінювання ґрунтів – до 290 мкР/год. Перебуває на балансі державного підприємства «Бар'єр».

У хвостосховищі «Південно-східне», що експлуатувалося у 1956-1990 роках (площа – 36 тис. кв. метрів), заскладовано 0,33 млн. тонн відходів-хвостів загальною активністю $6,7 \times 10^{13}$ Бк. Поверхню хвостосховища частково засипано будівельним дрібняком і промисловими відходами. Лесові підстилкові ґрунти характеризуються потужністю експозиційної дози гамма-випромінювання 30-200 мкР/год. Потужність експозиційної дози гамма-випромінювання на поверхні хвостосховища становить 400-34 тис. мкР/год. Перебуває на балансі державного підприємства «Бар'єр» [1].

У хвостосховищі «Дніпровське», що експлуатувалося у 1954-1968 роках (площа – 730 тис. кв. метрів), заскладовано 12 млн. тонн відходів-хвостів загальною активністю $1,4 \times 10^{15}$ Бк. Хвостосховище розміщене поблизу р. Дніпро. Належить до рівнинно-наливного типу. Захисні дамби споруджено із суглинисто-супіщаних ґрунтів і відходів коксохімзаводу, протифільтраційними елементами

не обладнано. Хвостосховище засипано шаром фосфогіпсу завтовшки від 0,5 до 13,5 метра. На частині поверхні хвостосховища розміщено відвали коксохімічного і металургійного виробництва. Потужність експозиційної дози гамма-випромінювання на поверхні хвостосховища становить до 60 мкР/год, щільність потоку радону – 1,3 – 2,58 Бк/кв.м х с. [1].

В зв'язку з тим, що хвостосховища «Західне», «Дніпровське», «Південно-східне» і «Центральний Яр» розташовані поблизу р. Дніпро у разі значного водонасичення внаслідок підтоплення ґрунтовими водами може призвести до їх сповзання по схилу і створення надзвичайної ситуації для користувачів річковою водою.

Межі зон радіоактивного забруднення алювіальних ґрунтів змінюються від 1,1 до 5,7 метра, потужність експозиційної дози гамма-випромінювання ґрунтів досягає 10 тис. мкР/год. На даний час територія хімічного і радіонуклідного забруднення обмежується з півдня та південного заходу р. Коноплянка та кар'єром «Тритузний», з півночі і північного сходу – р. Дніпро. Перебуває на балансі державного підприємства «Бар'єр».

Річний винос природних радіонуклідів з водами р. Коноплянка у р. Дніпро становить: ^{238}U – $5,5 \times 10^{10}$ Бк; ^{226}Ra – $1,9 \times 10^{10}$ Бк; ^{210}Pb – $4,4 \times 10^{10}$ Бк; ^{210}Po – $8,8 \times 10^9$ Бк; ^{232}Th – $5,5 \times 10^9$ Бк. Річний винос природних радіонуклідів з підземними водами в р. Дніпро становить: ^{238}U – $1,6 \times 10^8$ Бк; ^{226}Ra – $2,5 \times 10^7$ Бк; ^{210}Pb – $1,5 \times 10^6$ Бк; ^{210}Po – 1×10^7 Бк; ^{232}Th – $2,5 \times 10^7$ Бк [1].

Таким чином, 1949 р. можна вважати початком забруднення Дніпровського водосховища техногенно-посиленими природними радіонуклідами (^{238}U , ^{226}Ra , ^{210}Pb , ^{210}Po , ^{232}Th).

В той же час, аварія на ЧАЕС (квітень 1986 р.) призвела до нової хвилі забруднення Дніпровського водосховища – на цей раз штучними радіонуклідами. Особливого значення в післяаварійний період набувають ^{137}Cs і ^{90}Sr .

В результаті, в Придніпров'ї утворився коктейль з природних, штучних радіонуклідів та хімічних токсикантів, що забруднюють водні екосистеми Дніпровського водосховища. На протязі тривалого часу нами проводились дослідження вмісту природних та штучних радіонуклідів в абіотичних та біотичних компонентах водних екосистем Дніпровського водосховища [4, 5, 6].

В результаті проведених досліджень було встановлено, що середній вміст у воді природних радіонуклідів становить: ^{238}U – 0,006-912 Бк/л, ^{226}Ra – 1,05 Бк/л, ^{232}Th – 0,47 Бк/л, ^{210}Po – 0,47 Бк/л, ^{40}K – 4,89 Бк/л; вміст штучних радіонуклідів становить: ^{137}Cs – 0,24 Бк/л, ^{90}Sr – 0,07 Бк/л.

Вивчення вмісту природних та штучних радіонуклідів показало, що у донних відкладах рівень радіонуклідного забруднення був значно більшим, ніж рівень радіонуклідного забруднення води і становив: ^{226}Ra – 3,7–44,3 Бк/кг; ^{232}Th – 2,94 –60,0 Бк/кг, ^{40}K –21,3 –222,0 Бк/кг, вміст штучних радіонуклідів ^{137}Cs становив 2,77–32,2 Бк/кг, ^{90}Sr –0,9–15,2 Бк/кг. В подальшому вивчали накопичення

радіонуклідів у гідробіонтах водосховища.

За даними моніторингу природних радіонуклідів, у фітопланктоні водосховища їх вміст становив: ^{226}Ra – 359,73 Бк/кг; ^{232}Th – 159,42 Бк/кг, ^{40}K – 1889 Бк/кг, а вміст штучних радіонуклідів становив: ^{137}Cs – 78,13 Бк/л, ^{90}Sr – 30,02 Бк/л.

Найбільші показники забруднення ^{137}Cs були відмічені у синьо-зелених водоростей – 185,0 Бк/кг, а найменші у діатомових водоростей – 7,2 Бк/кг. Забруднення ^{90}Sr було в межах 10,1 – 27,8 Бк/кг. Найбільше забруднення ^{90}Sr у діатомових водоростей, найменше – у синьо-зелених.

Вища водна рослинність також виступає накопичувачем радіонуклідів; так, у зануреній водній рослинності водосховища їх вміст становить: ^{226}Ra – 158,1 Бк/кг; ^{232}Th – 107,96 Бк/кг, ^{40}K – 586,44 Бк/кг, штучних радіонуклідів становить: ^{137}Cs – 36,17 Бк/кг, ^{90}Sr – 5,91 Бк/кг. Найбільший вміст ^{226}Ra має рдесник пронизанолистий (283,0 Бк/кг), ^{232}Th – рдесник гребінчастий (165,0 Бк/кг), ^{40}K – уруть кільчаста (850,0 Бк/кг), ^{137}Cs має рдесник пронизанолистий (61,8 Бк/кг), ^{90}Sr – рдесник широколистий (11,9 Бк/кг).

Досить актуальними серед цих досліджень є оцінка вмісту радіонуклідів у організмі риб, адже риба входить до харчового раціону людини. Дослідження проводилися за віковими групами іхтіофауни.

Отриманні дослідження вмісту природних радіонуклідів у ікрі риб свідчать, що ^{40}K знаходився у діапазоні від 22,5 до 56,1 Бк/кг, найбільші показники відмічались у ікрі карася, найменші – у сазана. Кількість ^{226}Ra у ікрі промислових риб коливалась від 10,3 до 16,9 Бк/кг, при цьому найбільша його кількість була у ікрі ляща, найменша – у сазана. ^{232}Th знаходився в межах від 4,5 у сазана до 7,8 Бк/кг у ляща і окуня.

Вміст техногенно посиленних природних радіонуклідів у ікрі досліджених видів риб має такий вид:

^{40}K : карась ›лящ ›окунь ›сазан; ^{226}Ra : лящ ›карась ›окунь ›сазан; ^{232}Th : лящ ›окунь ›карась ›сазан.

Вміст штучних радіонуклідів ^{137}Cs у ікри досліджених риб знаходився у діапазоні від 1,50 до 4,25 Бк/кг, найбільші показники відмічені у окуня, найменші – у сазана.

Концентрація ^{90}Sr коливалась від 1,00 Бк/кг у сазана до 3,20 Бк/кг у окуня. Вміст радіонуклідів післячорнобильського походження у ікри риб має вид: ^{137}Cs : окунь ›лящ ›карась ›сазан; ^{90}Sr : окунь ›лящ ›карась ›сазан;

Подібні видові відмінності у степені накопичення штучних радіонуклідів можуть бути обумовлені характером харчових ланцюгів і ступені засвоєння різних компонентів кормів [9].

Отримані результати свідчать про те, що вміст радіонуклідів у ікрі риб не перевищує допустимих рівнів для риби, як харчового продукту.

Процес накопичення радіоактивних речовин рибами починається після переходу личинок на активне живлення [8, 9]. При низькому вмісті радіонуклідів у

воді їх надходження до організму риб обумовлене забрудненням харчових об'єктів. Незважаючи на те, що рівні радіонуклідів у водному середовищі незначні, за умов довгострокового надходження їх до водойми в низьких концентраціях, вони можуть накопичуватися організмами гідробіонтів у більших кількостях [10], завдяки процесу біоаккумуляції.

При визначенні природних радіонуклідів в мальках були отримані такі дані: ^{40}K знаходився в межах 118,0 – 952,0 Бк/кг, найбільші показники відмічені в мальках окуня, найменші – в мальках карася. Вміст ^{226}Ra становив 33,4 – 222,0 Бк/кг, найбільші значення у окуня, найменші – у плітки. ^{232}Th коливався від 10,3 до 172,0 Бк/кг, найбільші показники відмічені у карася, найменші – у ляща.

Штучні радіонукліди ^{137}Cs знаходились в межах 8,6 – 69,4 Бк/кг, найбільші показники у карася, найменші – у плітки. Вміст ^{90}Sr коливався в діапазоні від 1,09 у плітки до 29,4 Бк/кг у карася.

Процеси накопичення радіонуклідів рибами залежать від спектру живлення та від фізіологічної активності риб: чим активніше їх життєдіяльність та чим молодший організм, тим більше радіонуклідів накопичується в органах і тканинах.

Щодо видів риб, які є промисловими, для водойм Придніпров'я виявлено, що вміст ^{40}K коливався від 0,63 Бк/кг у білого товстолоба до 17,0 Бк/кг у карася, ^{226}Ra – від 0,39 Бк/кг у білого товстолоба до 48,0 Бк/кг у карася, ^{232}Th – від 0,35 Бк/кг у білого товстолоба до 40,0 Бк/кг у карася.

Видову специфіку розподілу природних радіонуклідів в організмах риб з різним типом живлення характеризують ряди: ^{40}K – карась >щука >плітка >судак >лящ >окунь >білий товстолоб; ^{226}Ra – карась >щука >плітка >судак >окунь >лящ >білий товстолоб; ^{232}Th – карась >щука >плітка >судак >лящ >окунь >білий товстолоб.

Найбільший вміст ^{40}K , ^{226}Ra та ^{230}Th відмічений у карася, що пов'язано з придонним способом життя та з типом живлення – еврифаг. Наступною є щука що пов'язано з хижацтвом і накопиченням радіонуклідів за рахунок їх переходу по харчовому ланцюгу [8, 9, 10]. Інші види риб накопичують радіонукліди згідно з трофічним рівнем, який вони займають, та вмістом токсикантів в кормових ресурсах.

Вміст штучного радіонукліда ^{137}Cs , визначений у м'язовій тканині, становив від 0,22 Бк/кг у білого товстолоба до 16,3 Бк/кг у щуки. Вміст ^{90}Sr становить від 0,32 Бк/кг у білого товстолоба до 3,20 Бк/кг у щуки.

Аналіз даних дозволив розташувати досліджені види риб за вмістом радіонуклідів у ряди: ^{137}Cs – щука >окунь >судак >плітка >карась >лящ >білий товстолоб; ^{90}Sr – щука >окунь >плітка >судак >карась >лящ >білий товстолоб.

Висновки

Через 39 років після Чорнобильської аварії забруднення ^{137}Cs і ^{90}Sr води Дніпровського водосховища знаходиться приблизно на доаварійному рівні.

Однак існує небезпека вторинного забруднення водного середовища за рахунок міграції радіонуклідів із забруднених донних відкладів і гідробіонтів. Спостерігається накопичення штучних радіонуклідів у ряду фітофаг – бентофаг – хижак, тобто найбільший їх вміст виявлено в організмах хижаків, а найменший – у білого товстолоба-фітопланктофага. Природні радіонукліди ^{226}Ra , ^{232}Th більшою частиною накопичуються в ікрі ляща, а штучні ^{137}Cs і ^{90}Sr – в ікрі окуня. ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K в більшій мірі акумулюються в м'язовій тканині іхтіофагів, у меншій мірі – у рослиноїдних риб. Це пов'язано з процесами біоаккумуляції та біомагніфікації радіонуклідів у харчовому ланцюзі.

Дослідження показали наявність радіонуклідів в організмах риб, проте ці величини не перевищують допустимих рівнів згідно з ДР – 2006 для риби як харчового продукту.

Однак слід постійно контролювати вміст цих радіонуклідів у водній екосистемі, для оцінки хронічного (постійного) надходження радіонуклідів до організму людини з рибною продукцією.

Література

1. Постанова КМ України від 26 XI 2003 р. №1846. Про затвердження Державної програми приведення небезпечних об'єктів виробничого об'єднання «Придніпровський хімічний завод» в екологічно безпечний стан і забезпечення захисту населення від шкідливого впливу іонізуючого випромінювання. Ст. 10.
2. Постанова КМ України від 11 08 2010 р. №628. Про заходи щодо забезпечення екологічної безпеки м. Дніпродзержинська та поліпшення соціального захисту населення міста. Ст. 3.
3. Постанова КМ України від 5 05 2003 р. №656. Про затвердження Програми радіаційного і соціального захисту населення м. Жовті Води на 2003 – 2012 роки. Ст. 9.
4. Методика збору та обробки іхтіологічних і гідробіологічних матеріалів з метою визначення лімітів промислового вилову риб із великих водосховищ і лиманів України. – К.: ІРГ УААН, 1998. – С. 10-11.
5. Методика відбору проб сільськогосподарської продукції та продуктів харчування для лабораторного аналізу на вміст радіонуклідів // Довідник для радіологічних служб Мінсільгосппроду України. – К.: 1997. – С. 3-14.
6. Методичні вказівки «Відбір проб, первинна обробка та визначення вмісту ^{90}Sr та ^{137}Cs в харчових продуктах». – К.: //Наказ міністерства охорони здоров'я України 11.08.2008 № 446.
7. Державні гігієнічні нормативи «Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді». Затверджено Наказом МОЗ України 3.05.2006 р. № 256.
8. Дворецький А. І. Сучасний радіоекологічний стан Дніпровського водосховища / А.І. Дворецький, Г. С. Білоконь, О. М. Маренков, Л. А. Байдак,

Ю. І. Просяник, В. О. Сапронова // VI з'їзд Радіобіологічного Товариства України: тези доповідей. 5-9 жовтня 2015 р., м. Київ. - К., 2015. – С. 45–46.

9. Дворецький А.І. Радіоекологічний стан деяких видів риб Дніпропетровщини / А.І. Дворецький, В. О. Сапронова, О. М. Маренков // Природне агровиробництво в Україні: проблеми становлення, перспективи розвитку. Міжнародна науково-практична конференція. 22-23 жовтня 2015 р. м. Дніпропетровськ. - Д. ДДАЕУ, 2015 – С. 413–414.

10. Дворецкий А. И. Экологические проблемы водоемов степного Приднепровья Украины / А. И. Дворецкий, Л. А. Байдак, В. А. Сапронова, А. С. Кириленко, Е. В. Немировская // Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов: труды Второй международной научно-практической конференции. 15-16 октября 2014 г. – Калининград, изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2014 – С. 147–148.