

В.А.Гірій, В.О.Закорчевний, О.О.Косовець, Ю.Г.Лебо
Центральна геофізична обсерваторія, Київ

ДИНАМІКА РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ВОД ДНІПРОВСЬКОГО КАСКАДУ

Розглянуто вплив гідрометеорологічних умов формування стоку поверхневих вод і природних процесів самоочищення на динаміку радіоактивного забруднення вод дніпровського каскаду водосховищ.

До аварії на Чорнобильській АЕС основним джерелом радіаційного забруднення ґрунтів і поверхневих вод були радіонукліди вибухового походження, накопичені в атмосфері. Радіоактивне забруднення ґрунтів було зумовлене практично повністю багаторічним накопиченням ^{137}Cs і ^{90}Sr , які випадали з атмосфери, а забруднення поверхневих вод цими радіонуклідами визначалось їх змивом у водні об'єкти з поверхні водозборів.

Після припинення великомасштабних ядерних випробувань в атмосфері, починаючи з 1964 р. і до аварії на ЧАЕС у 1986 р., у поверхневих водах спостерігалася стала тенденція до зменшення концентрацій радіонуклідів. Про це, зокрема, свідчать дослідження Інституту експериментальної метеорології (м.Обнінськ) (рис.1).

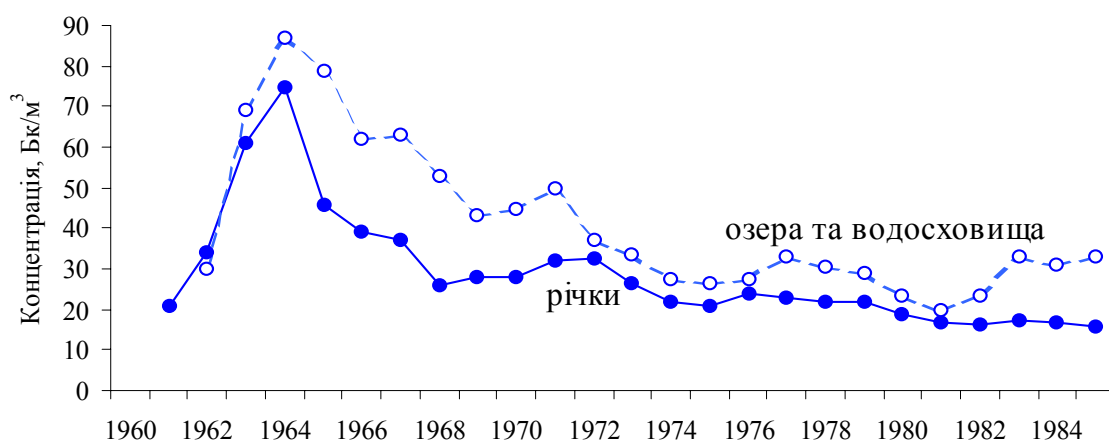


Рис.1. Динаміка середньорічної концентрації ^{90}Sr у поверхневих водах у середньому по колишньому СРСР

З рис. 1 видно, що вміст ^{90}Sr у водах озер і водосховищ трохи вищий ніж у річках, що пов'язано акумуляцією забруднення у водоймах. Поступове зменшення вмісту стронцію зумовлено його природним розпадом і накопиченням в інших компонентах водних екосистем. У річках відбувається винос розчиненого стронцію до відповідного водозбірного басейну. Випробування, які продовжувала проводити КНР, спричиняли лише незначне підвищення вмісту стронцію в поверхневих водах, не порушуючи суттєво загальної тенденції до його зменшення.

Аварія на ЧАЕС призвела до радіоактивного забруднення майже 55 тис.км² території України. Забруднення під впливом "чорнобильських" випадань із атмосфери зазнали значні водозбірні території басейну р.Дніпро. Величина аерозольних опадів ^{137}Cs на водну поверхню водосховищ дніпровського каскаду в 1986 р., за оцінками фахівців УкрНДГМІ, склала $8,23 \cdot 10^{13}$ Бк, з яких 75% випало на акваторію Київського водосховища [1].

Найбільш забрудненою виявилася водозбірна територія, яка безпосередньо прилягає до ЧАЕС – зона відчуження (ЗВ). Міграція переважної частини радіонуклідів за межі ЗВ відбувається водним шляхом. Головним джерелом їх надходження в Київське водосховище та їх подальшої міграції по каскаду дніпровських водосховищ залишаються річки Прип'ять і Верхній Дніпро. Основним тут є внесок р.Прип'ять. Винос ^{90}Sr водами Верхнього Дніпра в останні роки складає близько 20-25% від виносу Прип'яті; ^{137}Cs – 15-20%. Отже, Верхній Дніпро є розбавлювачем забруднених прип'ятських вод.

Аналіз даних спостережень за вмістом радіонуклідів у воді р.Прип'ять у післяаварійні роки дозволяє стверджувати, що їх концентрації та величина виносу залежать від водності та гідрологічного режиму річки в окремі роки.

На рис.2-3 показано динаміку середньорічних концентрацій і річного виносу ^{90}Sr і ^{137}Cs р.Прип'ять у створі м.Чорнобиль у період 1987-2002 рр. відносно стоку води.

З графіків видно, що існує багаторічна тенденція до зменшення середньорічних концентрацій та виносу радіонуклідів. Але на фоні загальних трендів зниження забруднення прип'ятських вод в окремі роки спостерігалось суттєве збільшення концентрацій та виносу ^{90}Sr . Вміст ^{137}Cs у воді набагато менше залежить від водності та гідрологічного

режиму річки, що пояснюється його більшою здатністю фіксуватися в ґрунтах на водозборах.

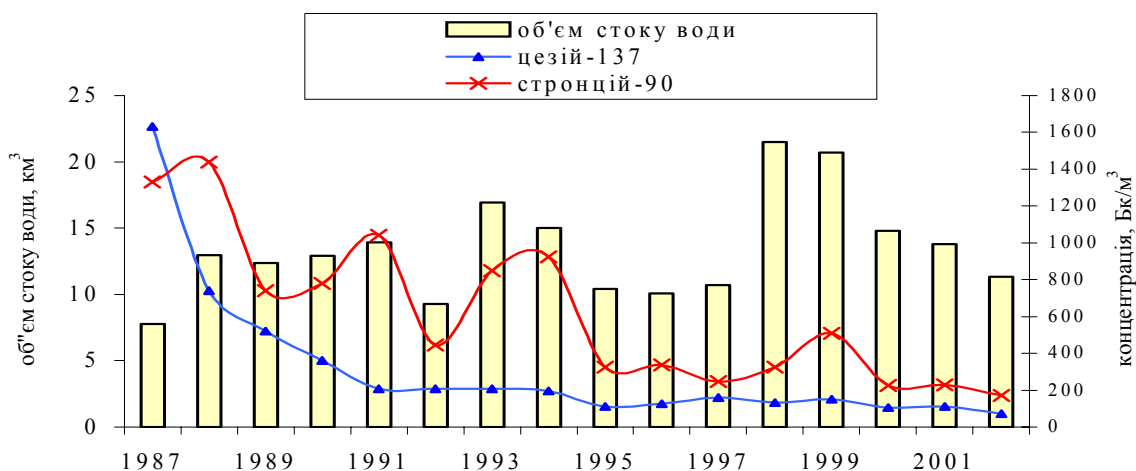


Рис.2. Динаміка середньорічних концентрацій ^{137}Cs і ^{90}Sr (Бк/м³) у воді р.Прип'ять у створі м.Чорнобиль, а також річного стоку води (км³)

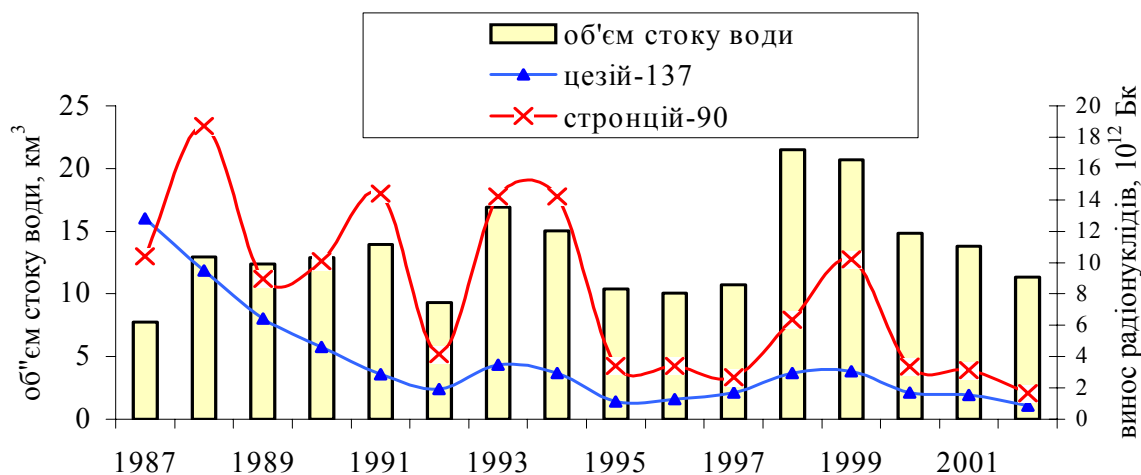


Рис.3. Динаміка річного виносу ^{137}Cs і ^{90}Sr (Бк/м³) р.Прип'ять у створі м.Чорнобиль, а також річного стоку води (км³)

У перші роки після аварії (1986-1988 рр.), які не відзначалися багатоводністю, великий винос радіонуклідів за межі ЗВ був зумовлений інтенсивним змивом радіонуклідів із водозбірних і заплавних територій Прип'яті у ближній зоні ЧАЕС, які були найбільше забруднені аварійними викидами. Окрім того, існував змив з водозбірних територій дальніх зон радіоактивних випадань. У наступні роки внесок дальніх водозборів поступово зменшувався, а відносна роль заплавних територій ближньої зони ЧАЕС зростала. Отже, гідрометеорологічні умови, які склалися

безпосередньо на водних об'єктах ЗВ, мали вирішальний вплив на радіаційну ситуацію у Дніпровській водній системі [2].

У багатоводні роки при проходженні високих весняних повеней та дощових паводків, а також у зимові періоди з льодовими заторами на р.Прип'ять, коли відбувається затоплення заплави у ближній зоні ЧАЕС, спостерігається зростання вмісту радіонуклідів у прип'ятській воді та збільшення їх виносу за межі ЗВ.

Затоплення заплавних територій у зимовий період внаслідок заторних явищ відбувалось у 1991 і 1994 роках, що призвело до суттєвого забруднення вод Прип'яті ^{90}Sr . Високі дощові паводки в літньо-осінній період, які відчутно вплинули на збільшення концентрацій та виносу ^{90}Sr , проходили в 1988 і 1993 рр. Затоплення значних площ найбільш забруднених територій лівобережної та правобережної заплави річки спостерігалось при проходженні високого весняного водопілля в 1999 р., що також суттєво вплинуло на рівень радіоактивного забруднення р.Прип'ять.

У каскаді дніпровських водосховищ під впливом різних природних факторів відбувається трансформація стоку забруднених радіонуклідами прип'ятських вод і поступове зменшення концентрацій радіонуклідів по довжині каскаду. Важливими природними факторами самоочищення водних мас є седиментаційні процеси – адсорбція радіонуклідів на твердих завислих частках та їх осадження у донні відклади. Окрім того, існує розбавлення забруднених вод більш чистими водами приток, перерозподіл радіонуклідів між компонентами водної екосистеми, процеси природного розпаду.

Внаслідок інтенсивних седиментаційних процесів і розбавлення більш чистими водами приток (рр. Дніпро, Десна та ін.) концентрації ^{137}Cs при проходженні забруднених прип'ятських вод від м.Чорнобиля до верхнього б'єфу Каховської ГЕС зменшуються на два порядки і виходять на доаварійні значення. Вирішальне значення в цьому належить процесам седиментації. Це пов'язано з тим, що ^{137}Cs має велику здатність до адсорбції на завислих наносах, значна частина яких акумулюється в донних відкладах водосховищ. Розташування Київського водосховища відносно джерела радіоактивного забруднення визначає його головну роль у перехопленні ^{137}Cs . Роль інших водосховищ в акумуляції радіоцезію є меншою.

На відміну від ^{137}Cs , концентрації ^{90}Sr по довжині каскаду зменшуються лише у 2,5-3 рази. Здатність ^{90}Sr до адсорбції на зависях значно менша ніж у ^{137}Cs і зниження його вмісту у воді по довжині каскаду водосховищ визначається переважно процесами розбавлення водами бокових приток. Фактор розбавлення має найбільше значення в Київському водосховищі, де стік Верхнього Дніпра суттєво впливає на зменшення концентрацій радіонуклідів. У Канівському водосховищі відчутну роль у розбавленні відіграє стік Десни. В інших водосховищах роль бокових приток у розбавленні незначна, тому що основний приплив води до них відбувається через греблі ГЕС.

Звернімося тепер до динаміки забруднення радіонуклідами вод дніпровських водосховищ упродовж 1987-2002 рр. (рис. 4-5).

З наведених графіків видно, що:

по-перше, коливання середньорічних концентрацій ^{90}Sr та ^{137}Cs у водосховищах відповідають динаміці середньорічного вмісту цих радіонуклідів у воді р. Прип'ять у створі м. Чорнобиля та їх виносу річкою за межі ЗВ (рис. 2-3);

по-друге, зниження забруднення дніпровських вод ^{137}Cs відбувається швидше ніж ^{90}Sr , що зумовлено їх різною здатністю до адсорбції на завислих наносах та акумуляції у донних відкладах;

по-третє, навіть у 1987 р., невдовзі після аварії, коли рівень концентрацій виріс у сотні разів порівняно з доаварійними рівнями, середній вміст ^{90}Sr і ^{137}Cs в дніпровській воді, включаючи Київське водосховище, не перевищував рівні вмісту цих радіонуклідів навіть за вимогами “Допустимих рівнів вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді” (ДР-97) [3];

по-четверте, спостерігається стала тенденція зменшення з роками вмісту ^{90}Sr і ^{137}Cs , концентрації яких у воді з 1996 р. практично знаходяться на рівнях, що близькі доаварійним.

Особливо чітко це простежується на прикладі ^{137}Cs , надходження якого до дніпровського каскаду із забруднених територій ЗВ практично повністю компенсується його акумуляцією в донних відкладах водосховищ і природного розпаду.

Дещо складніша ситуація зі ^{90}Sr , який практично повністю розчиняється у воді [4]. Внаслідок цього стронцій, який надходить у дніпровську воду з водами Прип'яті та інших малих річок ЗВ, у донних відкладах не фіксується і практично повністю виноситься в Дніпро-

Бузькій лиман Чорне море. Вміст ^{90}Sr в лимані може перевищувати його концентрацію в Каховському і навіть у Кременчуцькому водосховищах. Отже, рівень забруднення дніпровської води ^{90}Sr визначається переважно його виносом із забруднених територій і суттєво залежить від гідрологічних умов у ЗВ.

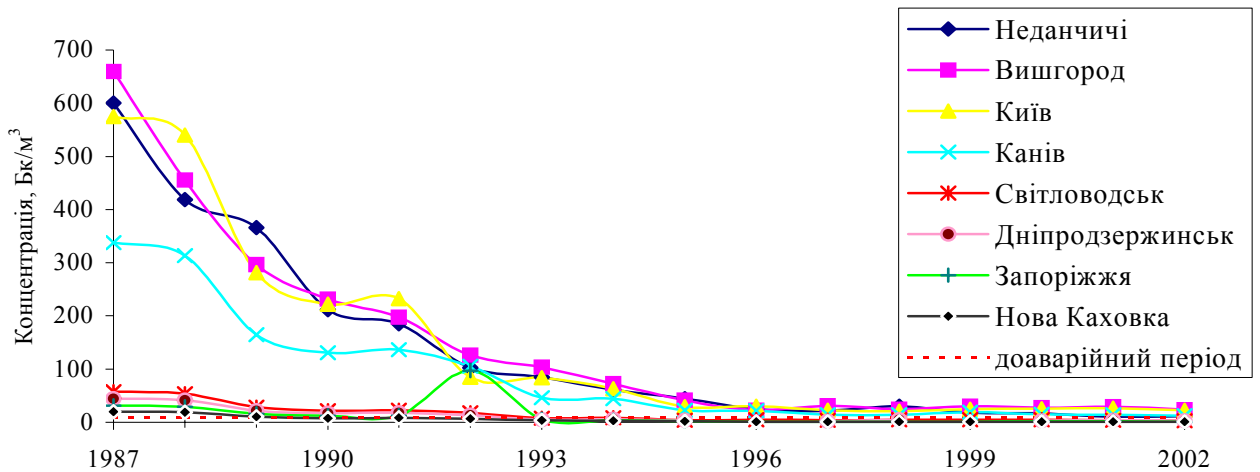


Рис. 4. Динаміка концентрації ^{137}Cs у водах каскаду дніпровських водосховищ

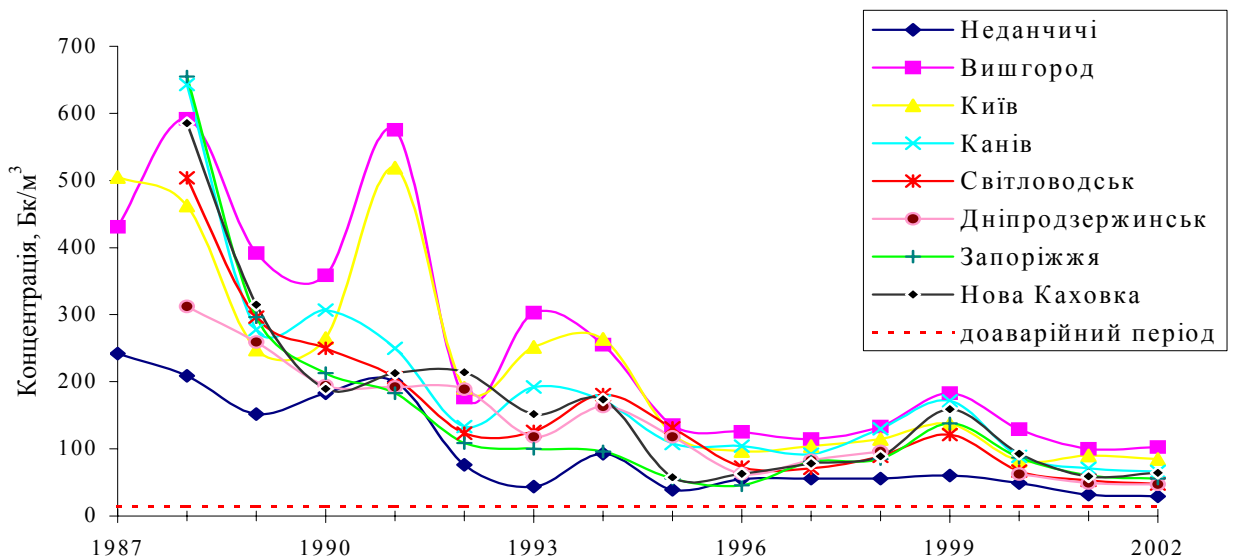


Рис. 5. Динаміка концентрації ^{90}Sr у водах каскаду дніпровських водосховищ

В останні роки вміст ^{90}Sr і ^{137}Cs у водосховищах дніпровського каскаду, незважаючи на коливання водності та особливості сезонного розподілу річкового стоку, характеризується відносною стабільністю з

незначним трендом до зниження, на що, у першу чергу, впливають водозахисні заходи, які проводяться у ЗВ і природні процеси самоочищення водних мас. Незважаючи на сталу тенденцію до зменшення забруднення, в окремі роки та сезони можливі значні коливання концентрацій радіонуклідів внаслідок ускладнення радіаційної ситуації на водних об'єктах ЗВ під час проходження високих весняних повеней, дощових паводків тощо.

Тепер зупинимося на характері забруднення води дніпровських водосховищ у 2002 р. Середні річні концентрації радіонуклідів по довжині дніпровського каскаду показані на рис. 6.

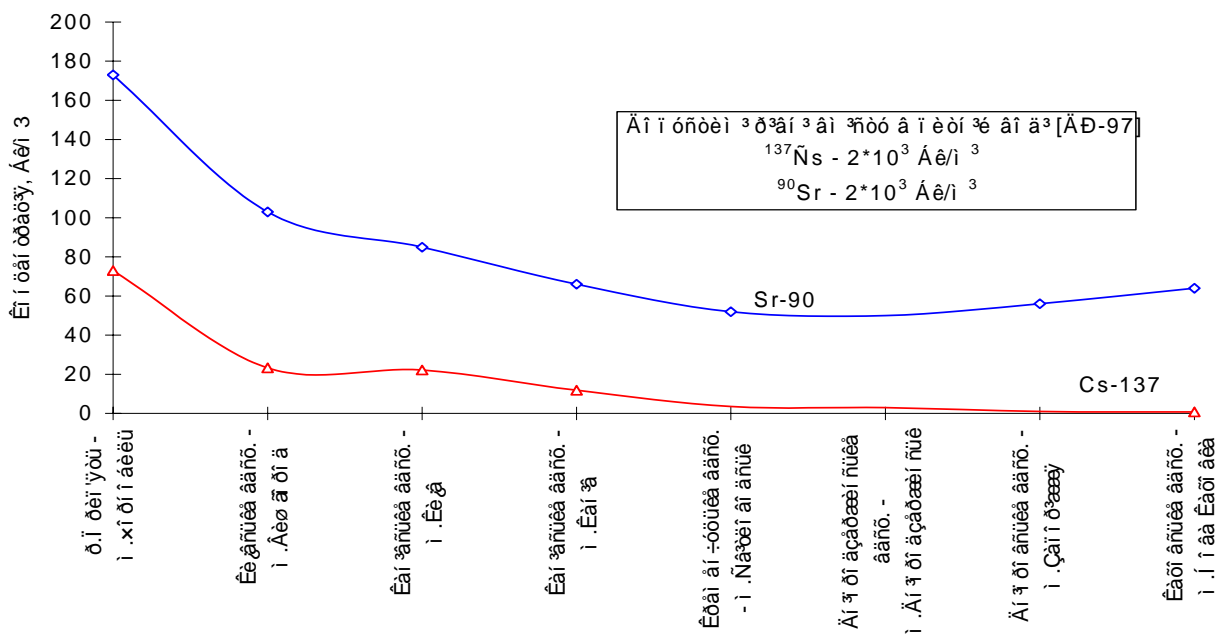


Рис. 6. Середньорічні концентрації ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr по довжині каскаду дніпровських водосховищ у 2002 р.

Видно, що істотне зниження вмісту радіонуклідів спостерігається вже у Київському водосховищі: середньорічні концентрації ⁹⁰Sr і ¹³⁷Cs у верхньому б'єфі Київської ГЕС були відповідно у 1,7 та 3 рази меншими від концентрацій у воді р.Прип'ять у створі м.Чорнобиля. Починаючи з Кременчуцького водосховища вже практично не відчувається вплив ЗВ на забруднення дніпровської води ¹³⁷Cs. Вміст ⁹⁰Sr у воді, починаючи з цього водосховища, виходить також на насичення, що зумовлено незначним боковим припливом води.

Загалом у 2002 р. середні річні концентрації ⁹⁰Sr та ¹³⁷Cs у всіх дніпровських водосховищах були найменшими або близькими до

найменших за весь період після аварії на Чорнобильській АЕС і значно нижчими за допустимі рівні вмісту цих радіонуклідів у воді (2000 Бк/м³), встановлені ДР-97.

Підсумовуючи наведені вище результати і враховуючи те, що у ЗВ продовжуються роботи по запобіганню виносу ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr в Київське водосховище, можна стверджувати, що ситуація стосовно забруднення дніпровського каскаду радіонуклідами знаходиться в стабільному стані. Рівні забруднення практично досягли доаварійних значень і немає підстав для погіршення радіаційного стану водосховищ дніпровського каскаду у майбутньому.

* *

Рассмотрено влияние гидрометеорологических условий формирования стока поверхностных вод и природных процессов самоочищения водных масс на динамику радиоактивного загрязнения вод днепровского каскада водохранилищ.

* *

1. *Войцехович О.В., Лаптев Г.В.* Радиоактивное загрязнение территорий и водных объектов в ближней зоне влияния аварийного выброса // Радиоэкология водных объектов зоны влияния аварии на Чернобыльской АЭС. – Киев: Чернобильінтерінформ, Т.1. – 1997. – С.40-59.

2. *Войцехович О.В., Шестопалов В.М., Скальський А.С., Канивец В.В.* Мониторинг радиоактивного загрязнения поверхностных и подземных вод после Чернобыльской аварии: Монография. – Киев, 2001. – С. 83-95.

3. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr у продуктах харчування та питній воді (ДР-97) // Державні санітарні норми, правила, гігієнічні нормативи. – Київ, 1997. – 10 с.

4. *Соботович Э.В., Бондаренко Г.Н., Ольховик Ю.А.* и др. Радиогеохимия в зоне влияния Чернобыльской АЭС. – К.: Наук. думка, 1992. – 146 с.