

Тематичний напрям № 3

Екологічні аспекти збереження навколишнього середовища в сучасних умовах

РАДІАЦІЙНА БЕЗПЕКА НАСЕЛЕННЯ ПРИ СПОЖИВАННІ ЗАБРУДНЕНОЇ РАДІОНУКЛІДАМИ РИБИ

Скиба В.В.,

канд. с.-г. наук, доцент

Білоцерківський національний аграрний університет

Волкова О.М.,

доктор біол. наук, старший науковий співробітник

Інститут гідробіології Національної академії наук України

Беляєв В.В.,

канд. біол. наук, старший науковий співробітник

Інститут гідробіології Національної академії наук України

У складі комплексного антропогенного впливу на біосферу виняткової актуальності набуло прогресуюче радіонуклідне забруднення природного середовища, оскільки оволодіння ядерними технологіями супроводжувалося аваріями та інцидентами на підприємствах ядерного паливного циклу у різних країнах. Однією з найбільших за всю історію ядерної енергетики вважається аварія на Чорнобильській АЕС (ЧАЕС) 26 квітня 1986 р., яка призвела до значного радіонуклідного забруднення території Європейського континенту. Забруднення водних об'єктів відбувалося внаслідок випадання аерозолів на водну поверхню і завдяки змиву радіонуклідів з території водозбірних басейнів і їхнього перенесення в більш чисті регіони.

Серед біологічних ресурсів водойм важливе значення для населення України відіграють риби природних водойм та риборозплідних господарств, і саме прісноводні риби стали додатковим джерелом надходження радіонуклідів до людини. Слід відзначити, що поряд з трагічними наслідками Чорнобильської катастрофи, інтенсивним радіонуклідним забрудненням території України, склалися унікальні можливості для досліджень закономірностей формування радіонуклідного забруднення прісноводної іхтіофауни. З перших тижнів після аварії на ЧАЕС і до теперішнього часу співробітниками Інституту гідробіології НАН України разом з фахівцями інших організацій, зокрема Білоцерківського національного аграрного університету, виконуються тривалі радіоекологічні дослідження різнотипних водойм зон Лісостепу та Полісся. Отримані результати дозволяють розробити рекомендації для населення щодо вживання риби з водойм, розташованих на радіоактивно забруд-

нених територіях, та запропонувати заходи, що сприятимуть зменшенню потоків радіонуклідів до організму людей з продукцією рибництва. При цьому слід враховувати не тільки те, що значна кількість водойм України забруднена радіонуклідами чорнобильського викиду, а й імовірність виникнення аварійних ситуацій на діючих АЕС та інших ядерних інцидентів. Тобто, у випадку аварійного надходження радіонуклідів у прісноводні екосистеми досвід подолання наслідків Чорнобильської катастрофи може слугувати підґрунтям для прогнозних оцінок формування радіонуклідного забруднення іхтіофауни.

Виконані в перші тижні після аварії на ЧАЕС дослідження показали, що практично всі коротко- та тривалоіснуючі аварійні радіонукліди, які надійшли у водне середовище, накопичувалися в організмі риб. Так, у червні 1986 р. в рибах Київського та Канівського водосховищ були зареєстровані ^{90}Sr , ^{95}Zr , $^{95\text{m}}\text{Nb}$, ^{131}I , $^{103,106}\text{Ru}$, ^{140}Ba , $^{134+137}\text{Cs}$, ^{140}La , $^{144,141}\text{Ce}$, ^{144}Pr , а середня сумарна радіоактивність риб різних видів складала 2368 ± 555 Бк/кг [1]. З 1987 р. радіонуклідне забруднення прісноводної іхтіофауни обумовлювали тривалоіснуючі ^{90}Sr та ^{137}Cs , при цьому висока радіоактивність риб у розташованих поза межами зони відчуження водоймах формувалася внаслідок накопичення в організмі ^{137}Cs . Встановлено, що через місяць після надходження радіонуклідів до екосистеми Дніпровських водосховищ найвищими рівнями накопичення радіонуклідів, зокрема ^{137}Cs , характеризувалися бентосоїдні види – лящ, плоскирка, плітка. В організмі хижих риб (судак, щука, білізна, окунь) питома активність ^{137}Cs поступово збільшувалася і досягла максимальних значень у 1987–1988 рр. У подальшому вміст ^{137}Cs в організмі хижих риб перевищував рівні його накопичення бентосоїдними видами у 2–3 рази [1].

Встановлено, що за умов аварійного надходження продуктів поділу доводних об'єктів з ультрапрісними та прісними гідрокарбонатними водами, до яких належать більшість водних екосистем північних регіонів України, основну роль у формуванні рівнів накопичення ^{137}Cs рибами відіграють щільність його випадіння на поверхню і площу водозбору водойм та швидкість водообміну. У найменшому ступені радіонуклід затримується в екосистемі водотоків, зокрема незарегульованих річок. Визначено, що відносна кількість ^{137}Cs , яка затримується у водних екосистемах, збільшується із уповільненням водообміну водойм, що, у свою чергу, впливає на рівні накопичення радіонукліда рибами. У водоймах з коефіцієнтом водообміну ≤ 1 (озера) близько 95 % радіонукліда залишається в екосистемі, якщо коефіцієнт водообміну дорівнює 10 (водосховища та ставки з уповільненим водообміном) – в екосистемі затримується близько 35 %, а при збільшенні коефіцієнту водообміну до 40 (проточні ставки) – близько 10 %. Отже, при однаковій щільності радіонуклідного потоку водозбору, в екосистемах озер та ставків з уповільненим водообміном утворюються умови для формування підвищених рівнів накопичення ^{137}Cs в організмі риб [2].

Цілком закономірно, що з 1986 р. і до теперішнього часу найвищі рівні вмісту ^{137}Cs притаманні риbam з водойм зони відчуження, де будь-яка господарська діяльність заборонена. У 1986 р. питома активність ^{137}Cs в організмі представників іхтіофауни водойми-охолоджувача ЧАЕС досягав 970000 Бк/кг [3], а нині становить 1000–2000 Бк/кг [4].

Щодо продукції рибництва радіаційна безпека населення регламентується допустимими рівнями (ДР) [5]. Варто відзначити вкрай обмежену кількість даних щодо забруднення у перші післяаварійні роки іхтіофауни водойм, які розташовані поза межами зони відчуження, де мали місце промисловий і аматорський вилов риби. Увага фахівців в основному була зосереджена на закономірностях формування радіонуклідного забруднення риб водойм зони відчуження та Дніпровських водосховищ. У 1986–1989 рр. питома активність ^{137}Cs у рибах Київського, Канівського та Кременчуцького водосховищ перевищувала ДР, які становлять 150 Бк/кг, до 1999 р. – у хижих рибах Київського водосховища, а в організмі окремих екземплярів рибцієї водойми перевищення реєстрували до 2010 р. У подальшому було встановлено, що й у деяких інших водоймах поза межами зони відчуження спостерігалися високі рівні вмісту ^{137}Cs у рибах, які перевищували ДР (таблиця № 1).

Таблиця № 1

Максимальні за період досліджень ($A_{\text{макс}}$) та у 2021 р. (A_{2021}) рівні питомої активності ^{137}Cs у рибах деяких водойм України

Водойми	Роки досліджень	$A_{\text{макс}}$	A_{2021}
Київське водосховище	1986–2021	6290	90
Канівське водосховище	1986–2021	400	13
Водосховище на р. Жерів, Житомирська область	1995–2021	800	50
Оз. Біле (північ Рівненської області)	1998–2021	1100	285
Оз. Лісове (північ Київської області)	2016–2021	1400	1200
Ставки риборозплідні (північ Рівненської області)	1996–2000	180	—*
Ставки комплексного призначення (північ Житомирської області)	1996–2000	220	—
Ставки комплексного призначення (північ Рівненської області)	1996–2000	330	—

*—дані відсутні

У науковій літературі наведена незначна кількість даних щодо формування забруднення товарної риби, яка вирощувалася у ставкових господарствах. Проте, виходячи з результатів досліджень природних процесів очищення водних екосистем від радіонуклідів та вибіркового визначення активності ^{137}Cs у рибах рибоводних ставків [2], можна припустити, що упродовж приблизно 10-ти післяаварійних років у продукції розташованих на забруднених територіях господарств мали місце перевищення ДР.

Отже, одним з найважливіших завдань, що постають перед працівниками рибної галузі при веденні рибництва в умовах радіонуклідного забруднення місцевості є одержання рибної продукції з максимально низьким вмістом радіонуклідів. Досвід подолання наслідків Чорнобильської катастрофи показав, що меліоративно-інтенсифікаційні заходи (внесення вапна, калійних, фосфорних та азотних добрив, видалення поверхневого забрудненого шару донних відкладів та деякі інші) та методи

аквафітодезактивації у деякій мірі сприяють зменшенню надходження радіонуклідів у рибу та інші компоненти екосистеми. Але якщо розглядати такі заходи у якості шляхів до зниження вмісту радіонуклідів у рибній продукції, слід враховувати значні фінансові витрати і те, що ефект можна очікувати лише через кілька років [2, 6,7].

Для рибогосподарських водойм з вирощуванням риби за пасовищними технологіями, тобто за рахунок природної харчової бази, нами запропоновано метод блокування надходження ^{137}Cs до організму риби, який ґрунтується на тому, що радіонуклід засвоюється водними тваринами з кормових об'єктів. Тому годівля риби у нагульних ставках штучними кормами з низьким вмістом ^{137}Cs буде перешкоджати переходу радіонукліда до організму від природних кормових об'єктів.

Для визначення оптимального режиму годівлі риби, завдяки якому можна буде досягнути зменшення їхньої питомої активності до заданого рівня, були проведені дослідження в експериментальних водоймах [2, 8]. Встановлено, що у разі надходження до організму риби однакової кількості ^{137}Cs існує залежність між зменшенням питомої радіоактивності та збільшенням маси тіла риби, і якщо за рахунок споживання комбікорму маса тіла риби збільшиться на 100 г, питома радіоактивність зменшиться на 10–15%. Якщо при контрольному облові організму риби буде зафіксовано перевищення ДР, то масу риби, в якій рівень вмісту ^{137}Cs буде відповідати нормативам можна розрахувати за формулою:

$$m_1 = \frac{A_1}{A_0} m_0 + 1650 \left(1 - \frac{A_1}{A_0}\right)$$

де m_1 – запланована маса риби, г; A_1 – запланований рівень радіоактивного забруднення риби (150 Бк/кг); A_0 – рівень радіоактивного забруднення риби при контрольному облові, Бк/кг; m_0 – запланована маса товарної риби без застосування кормів, г; 1650 – коефіцієнт, розрахований за консервативних умов.

За формулою можна визначити доцільність застосування методу у різних вихідних умовах. Наприклад, якщо при контрольному облові маса риби становить 350 г, а її питома активність 300 Бк/кг, рибу потрібно дорощувати за рахунок штучних кормів до 1000 г. Розроблений метод дозволяє уникнути фінансових збитків у разі вирощування риби за пасовищною технологією при забрудненні ставків ^{137}Cs .

Варто відзначити, що зменшенню вмісту ^{137}Cs у рибній продукції сприяє кулінарна обробка. Перш за все до 30 % загальної кількості ^{137}Cs у риби видаляється з неїстівними органами та тканинами (голова, луска, внутрішні органи, плавці). При смаженні, тушкуванні та копченні майже 100 % радіонуклідів залишається у готовій продукції. При відварюванні та вологій засолці риби близько 40 % радіонукліда переходить у розчин [9, 10].

Таким чином у разі забруднення навколишнього середовища ^{137}Cs слід враховувати наступне: найбільші рівні накопичення радіонукліда рибами спостерігаються у замкнених та слабопроточних водоймах; як правило, питома активність ^{137}Cs в організмі хижих риби у 2–3 рази вища, ніж у бентосовидних; деякі методи кулінарної обробки дозволяють видалити з риби 60–70 % від загальної кількості радіонукліда; меліоративно-інтенсифікаційні методи та методи аквафітоде-

зактивації ставків доцільні у довгостроковій перспективі, методи блокування надходження ^{137}Cs до організму риб – безпосередньо після реєстрації перевищення ДР.

Список використаних джерел:

1. Радиоактивное и химическое загрязнение Днепра и его водохранилищ после аварии на черновыльской АЭС / [В.Д.Романко, М.И.Кузьменко, Н.Ю. Евтушенко и др.] – К.: Наукова думка, 1992. – 194 с.
2. Волкова О.М. Техногенні радіонукліди у гідробіонтах водойм різного типу: автореф. дис. ... доктора биол. наук (Київ, 2008) 34с.
3. Рябов И.Н. Радиоэкология рыб водоемов в зоне влияния аварии на Чернобыльской АЭС – М.: Товарищество научных изданий КМК. – 2004. – 215 с.
4. Каглян Є., Гудков Д. І., Кіреєв С. І. та ін. Динаміка питомої активності ^{90}Sr і ^{137}Cs у представників іхтіофауни водойм чорнобильської зони відчуження. ЯДЕРНА ФІЗИКА ТА ЕНЕРГЕТИКА.2021 Т. 22 № 1, С. 62–73. <https://doi.org/10.15407/jnpae2021.01.062>.
5. ДЕРЖАВНІ ГІГІЄНІЧНІ НОРМАТИВИ. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді. (ДР-2006).–Київ, 2006.–13с.
6. Радиогеоэкология водных объектов зоны влияния аварии на Чернобыльской АЭС. Прогнозы загрязнения вод, оценки рисков водопользования и эффективности водоохраных контрмер для водных экосистем зоны влияния Чернобыльской аварии / под ред. О.В.Войцеховича. – К.: Чернобыльинтеринформ, 1998. – Т. 2. – 277 с.
7. Гринжевський М.В. Аквакультура України (організаційно-економічні аспекти) – Львів: “Вільна Україна”, 1998. – 365 с.
8. Методичні рекомендації щодо регулювання рівнів накопичення ^{137}Cs рибами у риборозплідних ставах /Євтушенко М.Ю., Волкова О.М., Беляєв В.В., Потрохов О.С., Зінковський О.Г. – К.: Український фітосоціологічний центр, 2010 / КМ України Національний університет біоресурсів і природокористування України, Інститут гідробіології НАН України; Погоджено Заступником Голови Державного комітету рибного господарства України В.В. Казімерчук, 10 жовтня 2010 р. – 24 с.
9. Марей А.Н. Санитарная охрана водоемов от загрязнений радиоактивными веществами – М.: Атомиздат, 1976. – 224 с.
10. Катков А.Е. Разработка оценочных критериев гигиенического нормирования радиоактивного загрязнения дна водоема // Проблемы и задачи радиоэкологии животных. – М.: Наука, 1980. – С. 43–68.