

V.V. Krilov¹, O.D. Zotov², Yu.V. Chebotareva¹, Yu.G. Izyumov¹, E.A. Osipova¹, A.V. Znobishcheva³, N.A. Demtsun⁴

¹ Institute of Biology of Inside Water RAS, Borok, Russia

² Geophysical Observatory of «Borok», branch of IFZ of RAS, Borok, Russia

³ Institute Theoretical and Experimental Biophysics of RAS, Pushchino, Russia

⁴ Tavrida National V.I. Vernadsky University, Simferopol', Ukraine

OPERATING OF TYPICAL MAGNETIC STORM IS ON EARLY ONTOGENESIS OF *DAPHNIA MAGNA* STRAUS AND *RUTILUS RUTILUS* (L.)

The action of the model of magnetic storm (MMS) on the early ontogenesis of *Daphnia magna* and *Rutilus rutilus* was studied. The influence of MMS on the rates of early ontogenesis in embryos, as well as on various morph-biological characters in juveniles was found. Different phases of MMS led to different biological effects.

Key words: magnetic storm, early ontogenesis, temperature, Daphnia magna, Rutilus rutilus

УДК 577.34(285)

М.І. КУЗЬМЕНКО, Д.І. ГУДКОВ, О.Г. ВОЛКОВА, В.В. БЕЛЯЄВ, В.Г. КЛЕНУС,
О.Є. КАГЛЯН, Н.Л. ШЕВЦОВА, З.О. ШИРОКА, Л.П. ЮРЧУК

Інститут гідробіології НАН України

пр-т Героїв Сталінграда, 12, Київ 04210

РАДІОЕКОЛОГІЧНА СИТУАЦІЯ У ВОДОЙМАХ УКРАЇНИ

Викладені результати багаторічних радіоекологічних досліджень водойм України. Встановлена питома активність найбільш біологічно небезпечних радіонуклідів техногенного походження ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs та трансуранових елементів ^{238,239,240,241}Pu, ²⁴¹Am в абіотичних та біотичних компонентах водних екосистем Зони відчуження Чорнобильської АЕС, р. Дніпро, його основних притоків та водосховищ. Акцентується увага на складній радіоекологічній ситуації, що продовжує зберігатися у водоймах Зони відчуження ЧАЕС.

Ключові слова: радіонукліди, питома активність, вода, донні відклади, гідробіонти, риби

Починаючи з середини ХХ ст. біосфера почала зазнавати забруднення штучними радіонуклідами. У 1945–1981 рр. в атмосфері були здійснені сотні ядерних вибухів, що призвели до підвищення глобального радіаційного фону. У біосферу надійшло близько 578 ПБк ⁹⁰Sr, 5550 ПБк ¹³¹I, 949 ПБк ¹³⁷Cs [5]. До наземних і водних екосистем планети радіонукліди надходили у складі глобальних випадіння у досить малих концентраціях і говорити про їх дію на біосистеми не доводилося.

До введення в експлуатацію Чорнобильської АЕС у воді р. Прип'ять питома активність радіонуклідів визначалася глобальними випадіннями і реєструвалася у межах: ⁹⁰Sr – 0,37·10⁻² – 1,59·10⁻²; ¹³⁷Cs – 0,37·10⁻² – 1,33·10⁻² Бк/дм³. В умовах безаварійної роботи ЧАЕС істотно не впливала на вміст радіонуклідів у воді прилеглих водойм: водойми-охолоджувача, р. Прип'ять та Київського водосховища.

Внаслідок Чорнобильської катастрофи в природне середовище було викинуто близько 3 % радіонуклідів, накопичених на час аварії у 4-му енергоблоці, сумарною активністю близько 1,85·10¹⁸ Бк [3]. У природне середовище надійшло близько 450 різних радіонуклідів 70-ти хімічних елементів. Основні радіоекологічні проблеми і біологічну небезпеку зумовили радіонукліди: ⁹⁰Sr, ¹³¹I, ¹³⁷Cs, ^{238,239,240,241}Pu, ²⁴¹Am. Вказані радіонукліди утворюють як розчинні, так і нерозчинні сполуки.

У зруйнованому вибухом реакторі відбувалися багатофазні процеси, які зумовлювали формування забруднення радіоактивними речовинами територій різновіддалених від ЧАЕС. Радіонукліди ⁹⁰Sr, ^{141,144}Ce і ²⁴¹Am більш як на 90% були викинуті у складі так званих "гарячих" часточок ядерного палива розміром близько 10 мкм і менше. Забруднення Зони відчуження ¹³⁷Cs на 75% пов'язано з паливними часточками. Північно-західний радіоактивний слід, що охопив території Київської, Житомирської, Рівненської та інших областей України, характеризується високим вмістом легколетлих форм радіонуклідів, північний слід також має подібні властивості, а

випадіння на південному сліду відзначаються відношеннями між радіонуклідами, близькими до ядерного палива.

У складі газиво-паливо-аерозольної суміші радіоактивних інертних газів і часточок субмікронних розмірів нукліди $^{103,106}\text{Ru}$, $^{131,133}\text{I}$, ^{132}Te , $^{134,137}\text{Cs}$ розносились на великі відстані від ЧАЕС і формували значні радіоактивні “плями” у більшості європейських країн, випадали на акваторії Тихого і Атлантичного океанів, на територіях Північної Америки та Азії [5].

На основі результатів багаторічних досліджень, виконаних фахівцями ДСНВП “Чорнобильський радіоекологічний центр” та Інститут гідробіології НАН України узагальнено розглянемо радіоекологічну ситуацію, яка формувалася у водоймах у післяаварійний період [2, 4]. Річка Прип’ять є основною водною артерією, що перетинає Зону відчуження ЧАЕС. Уже в перші два тижні після аварії максимальні величини сумарної питомої бета-активності води пригрислової ділянки р. Прип’ять досягали 100–370 кБк/л, з яких на вміст ^{131}I припадало 70–90%. Питома активність ^{90}Sr становила 15 кБк/л, ^{239}Pu – 3,7 кБк/л. Починаючи з середини травня 1986 р. з припиненням аерозольних випадіннь і осадженням на дно “гарячих” часточок загальна питома радіоекологічна активність води р. Прип’яті знизилася до кількох кБк/л, у червні – до 180–200 Бк/л. Внесок ^{131}I знизився до близько 30 % сумарної питомої радіоактивності води. З другої половини червня радіоактивність води у р. Прип’ять, як і в інших водоймах визначали ^{90}Sr , ^{95}Zr , ^{103}Ru , ^{106}Ru , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{140}Ba , ^{141}Ce , ^{144}Ce . На кінець листопада 1986 р. та початок 1987 р. сумарна питома радіоактивність води за рідкими випадками не перевищувала 40 Бк/л, на ^{90}Sr і ^{137}Cs припадав основний внесок. Починаючи з 1988 р., у формуванні радіонуклідного забруднення поверхневих вод зони впливу ЧАЕС почав збільшуватись внесок ^{90}Sr , що пояснюється деструкцією зв’язаних форм, вивільненням і підвищенням міграційної активності радіонукліда. Проте у 1995–2000 рр. вміст трансуранових елементів $^{238,239,240,241}\text{Pu}$, ^{241}Am у воді р. Прип’ять реєструвався на досить низьких рівнях: $1 \cdot 10^{-4}$ – $1 \cdot 10^{-3}$ Бк/л.

У межах Зони відчуження ЧАЕС знаходиться лівобережна Красненська заплава, на якій зосереджено 240 ТБк ^{90}Sr і 370 ТБк ^{137}Cs . На території старого польдера поблизу сіл Усів, Красне, Зимовище запаси радіонуклідів становлять ^{90}Sr – 370 ТБк, ^{137}Cs – 720 ТБк. Ділянка правобережної заплави р. Прип’яті від кордону з Білоруссю до с. Кошарівки – Бенівська заплава містить: ^{90}Sr понад 7 ТБк, ^{137}Cs – близько 15 ТБк. На нижче розміщеній ділянці заплави від с. Кошарівки до Янівського залізничного мосту сумарні запаси радіонуклідів становлять: ^{90}Sr – 55 ТБк, ^{137}Cs – 90 ТБк.

У 2008 р. у воді р. Прип’ять у створі м. Чорнобиль середня за рік питома активність становила: ^{90}Sr – 0,10; ^{137}Cs – 0,03 Бк/л; за рік сумарний винос радіонуклідів з водами ріки становив: ^{90}Sr – 1,42 ТБк; ^{137}Cs – 0,60 ТБк. У воді основних полігонних водойм Зони відчуження середньорічну активність ^{90}Sr і ^{137}Cs реєстрували на рівні: Янівський затон – 11 і 3,2; водойма-охолоджувач ЧАЕС – 2,2 і 1,4; оз. Азбучин – 37 і 4,8; оз. Глибоке – 95 і 3,7; р. Уж – 0,10 і 0,04 Бк/л, відповідно.

Розподіл радіонуклідів в основних компонентах озерних екосистем характеризується наступними даними. Від загальної кількості вмісту радіонуклідів в екосистемі у воді знаходиться ^{90}Sr – 4–10; ^{137}Cs – 0,5–0,6; трансуранових елементів – 0,03–0,04 %. У донних відкладах депоновано: ^{90}Sr – 89–95; ^{137}Cs – 99; трансуранових елементів – близько 100 %. У сестоні вміст радіонуклідів становив: ^{90}Sr – 0,15–0,16; ^{137}Cs – 0,25–0,30; трансуранових елементів – < 1 %. У гідробіонтах депоновано ^{90}Sr – 0,25–0,61; ^{137}Cs – 0,14–0,47, трансуранових елементів – 0,07–0,16 % загального вмісту в екосистемі.

Упродовж 1999–2007 рр. в організмах як “мирних”, так і хижих видів риб озер Красненської заплави р. Прип’ять при слабко вираженій тенденції до зниження вмісту ^{137}Cs реєстрували підвищення питомої активності ^{90}Sr і збільшення $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ від 0,2 до 8,0. У риб питома активність радіонуклідів реєстрували у межах: ^{90}Sr – 660–139500 Бк/кг; ^{137}Cs – 810–27000 Бк/кг. Встановлені рівні питомої активності радіонуклідів багаторазово перевищують санітарно-гігієнічні рівні (ДР-97) по ^{90}Sr – до 4000 разів (оз. Азбучин), по ^{137}Cs – до 180 разів (оз. Далеке-1).

Упродовж 2000–2001 рр. досліджували різною мірою забруднені радіонуклідами екосистеми рік басейну Прип’яті, які протікають по територіях Київської, Житомирської, Рівненської та Волинської областей. У риб рік Горинь, Ствіга, Стохід, Стир, Уборть та ін. вміст ^{90}Sr і ^{137}Cs у 2–3 рази був нижчим, у порівнянні з вмістом у р. Прип’яті в межах Зони відчуження. У водоймах Житомирського та Волинського Полісся значні межі коливань та найбільш високі рівні накопичення ^{137}Cs були зареєстровані у представників іхтіофауни озер – до 600 Бк/кг (2006 р.). У 1998–2000 рр. вміст ^{137}Cs в рибках напівпроточних ставів на територіях з щільністю радіонуклідного забруднення до 185 Бк/м² знаходився у межах 10–360 Бк/кг [1].

Дослідження, проведені у 1995–2003 рр. на водоймах лісостепової та степової зон України, показали, що вміст ^{90}Sr та ^{137}Cs у рибах річок Псел, Воркла, Рось, Інгулець та Дністер спостерігався на рівні 1–15 Бк/кг, хоч у деяких особинах риборозплідних ставів лісостепової зони питома активність радіонукліда досягала 30 Бк/кг.

Дніпровські водосховища зазнали радіонуклідного забруднення внаслідок випадіння продуктів поділу на водну поверхню, хронічного надходження з водами приток, особливо р. Прип'яті, і змиву з забруднених територій водозбору. Максимальний вміст ^{137}Cs в організмах риб водосховищ спостерігався на рівні: Київського – 6000; Канівського – 500; Кременчуцького – 480; Каховського – 30 Бк/кг. Упродовж 1989–2003 рр. у гідробіонтах водосховищ спостерігалось стійке зниження питомої активності ^{90}Sr і через 17 років після аварії лише у гідробіонтах Київського водосховища вміст ^{90}Sr перевищував доаварійні величини.

На основі багаторічних даних динаміки питомої активності ^{137}Cs у рибах Київського та Канівського водосховищ була встановлена швидкість зменшення вмісту радіонукліда в організмах риб. У середньому питома активність ^{137}Cs зменшується вдвічі за період 5–6 років. На основі одержаних параметрів проведена прогнозна оцінка динаміки вмісту ^{137}Cs , згідно якої у риб Київського водосховища доаварійні рівні вмісту радіонукліда відновляться не раніше 2013 р., у риб Канівського водосховища – не раніше 2019 р.

Упродовж післяаварійних років, викинуті з зруйнованого реактора радіоактивні речовини залучаються у складні процеси трансформації, зазнають змін фізико-хімічного стану, підвищується їх міграційна активність і здатність включатись в організми рослин і тварин. З перших днів після аварії на ЧАЕС і донедавна однією з ключових проблем була і залишається проблема оцінки порушень у біосистемах різних рівнів організації за умов хронічного радіонуклідного забруднення. Багаторічними дослідженнями встановлені численні глибокі радіаційно індуковані порушення у гідробіонтів, які зазнали і продовжують зазнавати внутрішнього і зовнішнього іонізуючого опромінення: високий рівень аберацій хромосом в ембріональних тканинах моллюсків та кореневих меристемах вищих водних рослин, зміни стану гемолімфи моллюсків, аномалії системи відтворення і поява частково або повністю стерильних особин риб, масове ураження очерету звичайного паразитичними грибами *Claviceps purpurea* та галоутворюючими кліщами *Steneotarsonemus phragmitidis*. Подальше вивчення радіоекологічної ситуації, стану і функціонування екосистем є важливою складовою комплексу заходів, пов'язаних з прогнозуванням і мінімізацією наслідків аварії на ЧАЕС.

1. Волкова О.М. Техногенні радіонукліди у гідробіонтах водойм різного типу: дис. ... докт. біол. наук. 03.00.17 "Гідробіологія" / О.М. Волкова – К., 2008. – 348 с.
2. Вплив радіонуклідного забруднення на гідробіонти Зони відчуження / Кузьменко М. І., Романенко В. Д., Деревець В. В. [та ін.] – К.: Чорнобильінтерінформ, 2001. – 318 с.
3. Чорнобильська катастрофа / Под ред. В.Г. Барьяхтара. – К.: Наук. думка, 1995. – 560 с.
4. Экологическое состояние трансграничных участков рек бассейна Днепра та территории Украины / Под ред. А.Г. Васенко, С.А. Афанасьева. – К.: Академперіодика, 2002. – 355 с.
5. 20 років Чорнобильської катастрофи. Погляд у майбутнє: Національна доповідь України. – К.: Атіка, 2006. – 232 с.

М.И. Кузьменко, Д.И. Гудков, О.Г. Волкова, В.В. Беляев, В.Г. Кленус, О.Е. Каглян,

Н.Л. Шевцова, З.О. Широкая, Л.П. Юрчук

Институт гидробиологии НАН Украины, Киев

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В ВОДОЕМАХ УКРАИНЫ

Изложены результаты многолетних исследований водоемов Украины. Установлена удельная активность наиболее биологически опасных радионуклидов техногенного происхождения ^{90}Sr , ^{137}Cs и трансурановых элементов $^{238,239,240,241}\text{Pu}$, ^{241}Am в биотических и биотических компонентах водных экосистем. Зоны отчуждения Чернобыльской АЭС, р. Днепр, ее основных притоков и водохранилищ. Акцентируется внимание на сложной радиоэкологической ситуации, что продолжает сохраняться в водоемах Зоны отчуждения ЧАЭС.

Ключевые слова: радионуклиды, удельная активность, вода, донные отложения, гидробионты, рыбы

M.I. Kuz'menko, D.I. Hudkov, O.G. Volkova, V.V. Belyaev, V.G. Klenus, O.E. Kaglyan,
N.L. Shevtsova, Z.O. Schyroka, L.P. Yurchuk

Institute of Hydrobiology of NAS of Ukraine, Kyiv

RADIOECOLOGY SITUATION IN RESERVOIRS OF UKRAINE

The results of long-term studies of reservoirs in Ukraine are revised. The specific activity of the most biologically hazardous radionuclides of technogenic origin ^{90}Sr , ^{137}Cs and transuranic elements $^{238,239,240,241}\text{Pu}$, ^{241}Am in abiotic and biotic components of aquatic ecosystem Zony exclusion Chernobyl, river. Dnieper, its major tributaries and reservoirs is established. There are the attention focuses on the complex radiological situation that persists in reservoirs of the Chernobyl exclusion zone.

Key words: radionuclides, specific activity, water, ground deposits, aquatic lives, fishess

УДК 546:597.554:547.963.3

В.З.КУРАНТ

Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка
вул. Кривоноса, 2, Тернопіль 46027, Україна

УЧАСТЬ БІЛКІВ СИРОВАТКИ КРОВІ В ПРОЦЕСАХ ДЕТОКСИКАЦІЇ ІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ В ОРГАНІЗМІ РИБ

Проведено вивчення впливу іонів марганцю, цинку, міді та свинцю на вміст білків у сироватці крові коропа. Показана роль окремих білкових фракцій (альбуміну, α -, β - та γ -глобулінів) в процесах детоксикації досліджених металів.

Ключові слова: білки сироватки крові, важкі метали, прісноводні риби

Кров – це рідка тканина, яка здійснює в організмі транспорт різноманітних хімічних речовин (включно кисню), завдяки чому відбувається інтеграція усіх біохімічних процесів, які проходять в різних клітинах та міжклітинному просторі, в єдину систему. Крім транспортної, кров виконує захисну, регуляторну та деякі інші важливі функції в організмі.

Білки сироватки крові є досить лабільною хімічною системою, яка відображає стан організму, а також ті зміни, які в ньому відбуваються під впливом внутрішніх та зовнішніх факторів. Будь-яка зміна хімічного складу водного середовища неминуче веде до зміни хімічного складу крові гідробіонта, який живе в цьому середовищі, що позначається на процесах метаболізму в цілому організмі [7]. Досліди по встановленню змін у загальній кількості білків сироватки крові і частки їх фракцій проводилась, в основному, в залежності від сезону [5, 10], віку [3, 8] та фізіологічного стану організму [6, 11]. Систематичні дослідження впливу важких металів на ці показники відсутні, хоча вибірково такі дослідження проводилися на певних видах риб за дії окремих металів [2, 9].

Виходячи з того, що в даний час спостерігається надмірний вміст важких металів у водних екосистемах певний теоретичний і практичний інтерес становить вивчення особливостей впливу іонів цих металів на білкову систему крові риб, і зокрема коропа, який є важливим промисловим видом прісних водойм.

Матеріал і методи досліджень

Об'єктом дослідження був короп лускатий – *Syrpinus carpio* L дворічного віку масою 250-300 г. Експерименти проводилися в 200-літрових акваріумах, які заповнювали відстоюною водопровідною водою, з підтриманням постійного газового та температурного режимів. Вивчався вплив іонів марганцю, цинку, міді та свинцю у концентраціях, які відповідали 2 та 5 (ГДК) [1]. Період акламації риб становив 14 діб. Для досліджень білкових фракцій сироватки крові риб використовували діагностичний набір для електрофоретичного розділення білків сироватки крові на агарозі “Согмау gel protein 100” та “Согмау gel lipo 100” виробництва фірми “Согмау” (Австрія). Розшифрування фореграм проводили на денситометрі цієї ж фірми.

Результати досліджень та їх обговорення

Отримані нами дані свідчать як про зміну загальної концентрації білків, так і співвідношення білкових фракцій в сироватці крові коропа при дії на його організм підвищених концентрацій іонів важких металів. Так, зокрема, загальний вміст білків в сироватці крові риб збільшується за дії марганцю, цинку, свинцю і, особливо, міді. При чому відхилення цього показника від контролю зростає із збільшенням у воді концентрації металу.