

А.П. Стадниченко,
доктор біологічних наук, професор;
Р.К. Мельниченко,
кандидат біологічних наук, асистент;
Л.М. Янович,
кандидат біологічних наук, в. о. доцента;
Г.С. Киричук,
кандидат біологічних наук, в. о. доцента
(Житомирський педуніверситет);
О. П. Житова,
аспірант
(Державний агроєкологічний університет України, м. Житомир)

РОЛЬ МОЛЮСКІВ У РОЗПОДІЛІ РАДІОНУКЛІДІВ У ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ

Відмічено плямистий характер забруднення водних екосистем басейну Середнього Дніпра радіонуклідами (^{40}K , ^{90}Sr , $^{134-137}\text{Cs}$, ^{226}Ra , ^{232}Th). Досліджено роль молюсків у процесах міграції радіоактивних речовин у водоймах.

Відомо [1], що загальний радіоактивний фон природного середовища формується за рахунок таких основних джерел: індукування хімічних елементів космічним випромінюванням; теплові енергетичні станції; атомна промисловість; неконтрольоване використання радіонуклідомісних сировинних матеріалів; ядерні вибухи та аварії на АЕС. Зрозуміло, що на теренах України, постраждалих від аварії на Чорнобильській атомній електростанції (26 квітня 1986 р.), домінуючу роль у радіоактивному забрудненні довкілля відіграло останнє з вищезгаданих джерел. Внаслідок вибуху на ЧАЕС на водозбір Середнього Дніпра (а особливо – басейну Прип'яті) площею близько 5 млн. га випало (за офіційними відомостями) понад 50 млн. Ки радіоактивних речовин.

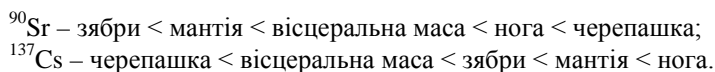
На Житомирщині під радіоактивне забруднення потрапили 900 тис. га земель, які знаходяться на теренах восьми північних районів області. Нині основна частка радіоізотопів припадає на ^{137}Cs та ^{90}Sr . Якою є ця частка, неважко зрозуміти зі слів Д. Гродзинського (1996), який пише, що за радіоактивним цезієм, який потрапив у природне середовище, його потужність у 300 разів перевищила наслідки атомної бомби, скинутої на Хіросіму [2]. Значна частина радіонуклідів після аварії у вигляді аерозолів потрапила у поверхневі води. Найбільше забруднення річкових екосистем відзначалось саме у початковий післяаварійний період, тобто навесні 1986 року. Так, у цей час сумарна радіоактивність води у р. Прип'ять поблизу Чорнобиля сягала значення 8-10 Бк/л [3]. Зараз забруднення здійснюється за рахунок змиву радіоактивних речовин з площ водозбору. У 2000 р. загальна β -радіоактивність води, за даними Житомирської обласної СЕС та літературними джерелами [4; 5], у різних водоймах басейну Середнього Дніпра становила 0,025-0,56 Бк/л, а вміст у ній цезію-137 і стронцію-90 коливався у межах 0,002-0,06 і 0,005-0,16 Бк/л відповідно.

Розподіл та міграція радіонуклідів у водних екосистемах обумовлені складним взаємопов'язаним впливом гідрологічних та фізико-хімічних процесів. Динаміка вмісту радіоактивних речовин у водоймах визначається періодом напіврозпаду радіонуклідів, надходженням та виносом їх з водними масами, осіданням з детритом на дно, процесами сорбції-десорбції з донних відкладів, впливом гідробіонтів тощо. Саме тому радіоактивне забруднення природних вод є дуже нерівномірним і далеко не завжди його інтенсивність співпадає з щільністю забруднення поверхні ґрунту – параметром, узятим за основу поділу території України на радіоактивні зони (I-IV категорії). Радіоактивність водойм залежить, як доведено гідробіологічними дослідженнями останніх років [6; 7; 8] та власними спостереженнями, від низки чинників: рельєфу та глибини річкового русла, швидкості течії, характеру донних відкладів, різноманіття рослинного і тваринного населення тощо. Переважна більшість радіонуклідів, які потрапляють у водойми, концентрується у донних відкладах із-за їх високої сорбційної ємності. Саме тому значну роль у процесах міграції радіонуклідів відіграють тварини бентосу і, зокрема, молюски.

За своєю функцією у трофічних ланцюгах молюски належать до консументів різних порядків. Відфільтровуючи воду, вони сприяють осадженню дрібнозернистих зависей на дно водойми (процес біоседиментації), а також міграції радіонуклідів по трофічних ланцюгах. Крім того, молюски здатні накопичувати радіоактивні ізотопи у своєму організмі, виводячи їх зі стану інтенсивного колообігу (зокрема, ^{90}Sr у черепащі).

Загальна β -радіоактивність тіла молюсків формується за рахунок як внутрішнього опромінення (радіонукліди надходять з їжею – перорально і через шкірні покриви – перкутанно), так і під впливом зовнішнього опромінення із навколишнього середовища. Основним шляхом проникнення радіоактивних речовин в організм тварин є пероральний. У шлунково-кишковому тракті молюсків відбувається перетворення радіоактивних сполук у розчинну форму, всмоктування їх у гемолімфу, поширення в організмі і концентрація у певних органах і тканинах. Інтенсивність і величина всмоктування радіонуклідів у кишковому тракті залежать від хімічної форми сполук і фізико-хімічних властивостей. Радіоактивні сполуки, що містяться в їжі молюсків, можуть бути в іонізованому вигляді, адсорбованими на поверхні, входити до складу рослинних тканин та твердих оплавлених часток різних розмірів. У молюсків з польських річок і стоячих водойм виявлено радіоізотопи п'яти хімічних елементів, а саме: ^{40}K , ^{90}Sr , $^{134-137}\text{Cs}$, ^{226}Ra , ^{232}Th . Кількісні співвідношення їх дозволяють утворити такий ряд: $^{40}\text{K} < ^{90}\text{Sr} < ^{137}\text{Cs} < ^{226}\text{Ra} < ^{232}\text{Th}$.

Характер поширення і концентрації радіонуклідів в організмі тварин специфічний для різних ізотопів, що зумовлене радіусом іонів і розчинністю їх сполук. Так, для $^{134-137}\text{Cs}$, ^{40}K , ^{232}Th характерний рівномірний тип розподілу радіонуклідів, а для ^{90}Sr і ^{226}Ra – остеотропний. Стронцій накопичується переважно у черепашках молюсків, заміщуючи собою кальцій (коефіцієнти його накопичення відносно води дуже високі, від 2-ох до 6-ти тисяч) [7; 9]. Цезій переважає у м'язовому тілі цих тварин, будучи аналогом натрію та калію. За значеннями коефіцієнтів накопичення цих двох радіонуклідів прісноводними молюсками утворюються такі зростаючі ряди:



Основні радіологічні дослідження були проведені нами у період 1998-2001рр. на базі радіологічних лабораторій обласної санітарно-епідеміологічної станції та агроекологічної академії (м. Житомир) за загальноприйнятими методиками.

Нами визначено загальну β -радіоактивність донних відкладів із 23 пунктів збору водойм і водотоків різних річкових басейнів України [10]. Для багатьох видів двостулкових молюсків родини перлівницевих (*Unio pictorum*, *U. conus*, *U. rostratus*, *Batavusiana musiva*, *Anodonta cygnea*, *Colletopterum piscinale*) із водойм Центрального Полісся з'ясовано вміст у тілі ^{232}Th і ^{226}Ra [11]. Зазначені показники коливаються у різних біотопах басейнів річок Случ, Тетерів, Жерев, Уж, Осира від 2,61 до 1122,9 Бк/кг для ^{226}Ra (найвищий вміст радіонукліду у гідробіонтах із с. Демківці Любарського р-ну Житомирської обл., р. Осира); від 2,7 до 98,5 Бк/кг – для ^{232}Th (найвищий вміст у тілі *Colletopterum piscinale* з с. Городище Черняхівського р-ну, р. Свинолужка).

Детально досліджено вміст ^{137}Cs у донних відкладах, водних рослинах та тілі молюсків родів *Lymnaea*, *Unio*, *Anodonta*, *Batavusiana*, *Colletopterum*. Проби добуто у річкових басейнах із різних зон України за щільністю радіоактивного забруднення території: став у басейні Прип'яті (30-км зона, Чорнобиль, понад 20 Ки / км²), річки Норинь, Жерев (друга зона, 5-15 Ки / км²), річки Уж, Уборть, Случ (третья зона, 1-5 Ки / км²), річки Тетерев, Лісова, Свинолужка, Гнилоп'ять (умовно чиста зона, до 1 Ки / км²). Результати досліджень представлено у таблиці 1.

Таблиця 1.

Вміст ^{137}Cs у різних компонентах річкових екосистем басейну Середнього Дніпра (1999-2001 рр.)

Річковий басейн	Вміст цезію-137, Бк/кг			
	Донні відклади	Водні рослини	<i>Lymnaea</i>	<i>Unionidae</i>
Прип'ять (став)	121-17400	-	31-4950	38-4930
Тетерів	15-138	2-10	10-16	7-68
Лісова	178	-	-	26
Гнилоп'ять (став)	268	-	-	48
Свинолужка	132-145	-	-	13-58
Уж	121-1600	50-320	31-57	35-237
Уборть	112-144	-	-	34-83
Случ	81-106	-	-	15-27
Жерев	212-369	-	-	37-197
Норинь	256-3030	135-320	52-85	-

Не менш цікавими є відомості, котрі стосуються β -радіоактивності черепашок річкових молюсків (зумовлені, як зазначалось, накопиченням у них переважно ^{90}Sr). Зазначені дані представлені на рис.1. Це робочі матеріали Л.І. Францевича, В.А. Гайченко, В.І. Крижанівського, які у значній мірі базуються на польових зборах молюсків, здійснених студентами природничого факультету ЖДПУ в 1989-1990 рр., досліджених на вміст стронцію-90 у радіоблоці Інституту зоології НАН України ім. Шмальгаузена.

Отримані результати підтверджують плямистий, мозаїчний характер радіоактивного забруднення території.

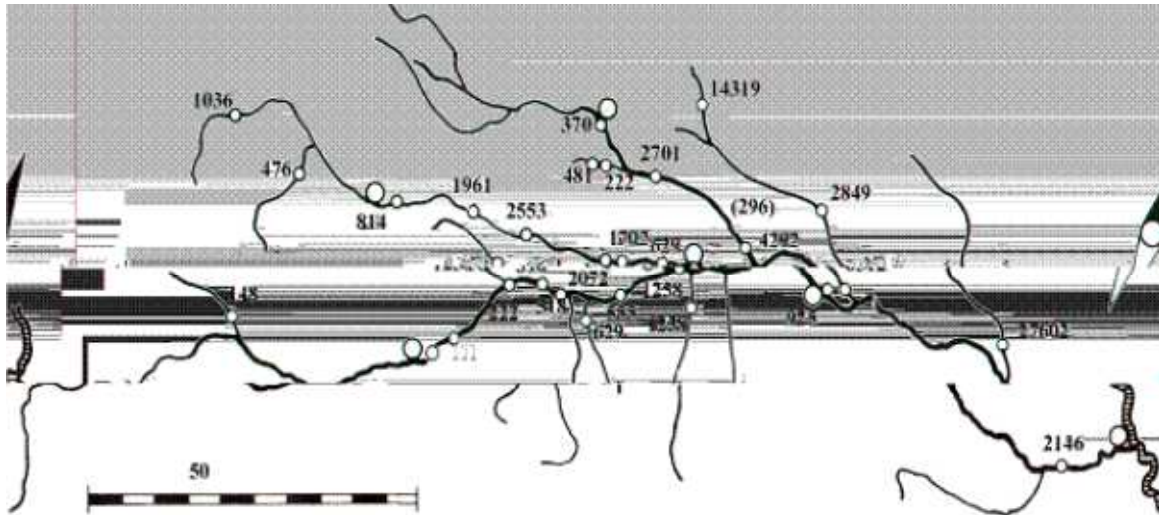


Рис.1. Рівень β -радіоактивного забруднення (^{90}Sr , Бк/кг) черепашок річкових видів молюсків

При загальній тенденції до зменшення рівня накопичення ^{90}Sr у черепашках молюсків у напрямку від Чорнобиля на захід до р. Жерев (в 11,5-176 разів) поблизу Чорнобиля (у радіусі 25-35 км) спостерігався у 1989-1990 рр. неоднаковий рівень радіоактивного забруднення дослідженого матеріалу з різних водойм. Так, у р. Уж β -радіоактивність черепашок річкових молюсків становила 2146 Бк/кг, у той час як для особин з р. Ілля (далі від епіцентру радіоактивного вибуху) вона сягала 27602 Бк/кг (рис.1). Основним ізотопом, що зумовлює радіоактивність черепашок тварин, є стронцій-90. Коефіцієнти його накопичення щодо води дуже високі (3-5 тисяч для черепашок прісноводних молюсків, 15-20 тисяч – для наземних) [9].

На Житомирському Поліссі, виходячи з питомої радіоактивності конхіологічного матеріалу, найбільшою забрудненістю у 1989-1990 рр. відзначались річки Жерев, Грезля та Уж, а Тетерів у цьому аспекті був набагато чистішим (рис. 1). Ця особливість розподілу радіонуклідів збереглася дотепер, що підтверджено нашими дослідженнями (табл. 2).

Таблиця 2

Вміст ^{90}Sr у черепашках прісноводних молюсків (2000 р.)

Молюск	Біотоп	Вміст стронцію-90, Бк/кг
Lymnaea stagnalis	смт. Чорнобиль	3120-58650
Planorbarius purpura	став у басейні Прип'яті	3970-59512
Viviparus viviparus	(30-км зона)	4150-57990
Unio conus		4085-59580
Lymnaea stagnalis	с. Н. Шарне, Народицький	584-919
Planorbarius corneus	район,	617-935
Unio conus	р. Уж	554-893
	(II зона)	
Lymnaea stagnalis	с. Тетерівка, Житомирський	310-580
Planorbarius corneus	район, р.Тетерів	289-630
Unio conus	(умовно чиста зона)	309-677

Підводячи підсумок, можна виділити кілька тенденцій у процесах накопичення радіонуклідів у водоймах.

По-перше, найбільш забруднений компонент екосистем – це донні відклади, причому спостерігається тенденція до збільшення вмісту радіонуклідів у глинистих, замулених та кам'янистих донних відкладах у порівнянні з піщаними. Наприклад, на піщаних донних відкладах р. Жерев (с. Повч Житомирської області, друга зона) зафіксована загальна β -радіоактивність 126 Бк/л, а поряд на кам'янистій ділянці річки – 368 Бк/л. У межах м. Біла Церква (Київська обл.) і на піщаних донних відкладах загальна β -радіоактивність р. Протока становить 92-95 Бк/л, а на піщано-мулистому дні р. Рось – 151-156 Бк/л [10].

По-друге, серед гідробіонтів найбільш інтенсивно акумулюють радіонукліди водні рослини та двостулкові молюски-фільтратори, у меншій мірі – черевоногі молюски (фіто- та детритофаги) (табл. 1).

По-третє, вміст радіоактивних речовин збільшується у заплавах, дрібних притоках, рукавах, затоках, старицях, ставках у порівнянні з основним руслом річок. Зокрема, у стоячих та повільнотекучих водоймах умовно чистої зони Житомирщини спостерігається вищий рівень загальної β -радіоактивності, ніж у річках цього ж річкового басейну. Так, для донних відкладів р. Лісової (лівобережна притока Тетерева, с. Бондарці Житомирсько-

го р-ну) характерний рівень забруднення 178 Бк/л, для силікатного кар'єру (Житомир) з цього ж річкового басейну – 97, для копаного ставка (с. Гришківці Бердичівського р-ну) – 268, проте радіоактивність р. Тетерів у зазначеному регіоні відносно невисока – 15- 57 Бк/л.

Велика роль молюсків у процесах міграції, осадження та накопичення радіонуклідів, значна біомаса цих гідробіонтів у складі бентосу, а також нескладні методи їх збору дозволяють вважати зазначену групу тварин перспективною для радіоекологічного моніторингу водних екосистем.

Як відомо, іонізуюча радіація має виражену мутагенну дію. При радіаційному пошкодженні відбувається накопичення радіонуклідів у тканинах, через що навіть найменші дози опромінення здатні викликати генні, хромосомні та геномні мутації в соматичних і статевих клітинах, порушувати процеси мейозу та гаметогенезу, знижувати життєстійкість організмів [10; 12; 13]. Зокрема, при дослідженні каріотипів перлівницевої фауни України в багатьох популяціях було виявлено явища фрагментацій і делецій хромосом, анеуплоїдні метафазні пластинки. Згадані аберації найчастіше рееструвалися у мікропрепаратах сім'яників, інколи – зябер, в окремих випадках – яєчників. У мейозі сперматоцитів на стадії діакінезу також зустрічались пластинки з полі- та анеуплоїдним хромосомним набором.

Для оцінки зв'язку між радіоактивністю донних відкладів і основними показниками цитогенетичних порушень використано коефіцієнт рангової кореляції Спірмена (R_s) в межах кожного роду перлівницевої фауни. Для роду *Colletopterum* висока кореляція спостерігається між радіоактивністю і хромосомними абераціями та гіперплоїдією, а для *Anodonta* – між радіоактивністю та гіперплоїдією і порушеннями мейозу. Для *Batavusiana* і *Pseudanodonta* спостерігаються високі як позитивні, так і негативні значення R_s , що пов'язане, напевно, з невеликим обсягом матеріалу, якого було недостатньо для статистичної обробки і вагомим узагальнень. Якщо взяти за основу частоти цитогенетичних порушень у всіх перлівницевої фауни (не беручи до уваги виду приналежність), то, незважаючи на певну грубість аналізу, спостерігається достовірна кореляція між частотою клітин гіпер-, поліплоїдних, з мейотичними порушеннями та радіоактивністю донних відкладів у місцях перебування тварин (R_s відповідно 0,571; 0,494; 0,643; $P < 0,05$) [13].

На даному етапі дослідження робити висновки про причини цитогенетичних порушень у популяціях перлівницевої фауни передчасно: необхідне більш детальне екологічне обстеження навколишнього середовища. Крім того, каріологічне дослідження цих молюсків знаходиться лише на початковому етапі, тому кількість матеріалу для висновків є явно недостатньою. Даний напрямок роботи у перспективі може бути використаним для оцінки екологічного стану водойм.

1. Подкур П.П. Міграція радіонуклідів у біосфері // Основи лісової радіоекології. – К., 1999. – С. 35-51.
2. Гродзинський Д. Чотири вітри з пекла // Зелений світ. – 1997. – № 17. – С. 4-6.
3. Крышев И.И., Рябов И.Н., Чумак В.К., Зарубин О.Л., Блинова Л.Д., Никитин А.И. Радиоактивное загрязнение речных экосистем // Радиоэкологические последствия Чернобыльской аварии. – М.: Ядерное общество СССР, 1991. – С. 81-96.
4. Клепус В.Г., Ситник Ю.М., Каглян О.С., Беляев В.В. Радіоекологічне вивчення водойм міської зони Києва // Наукові записки. Серія: біологія, спец. випуск: гідроекологія. – Тернопільський педуніверситет. – 2001. – Т. 4. – № 15. – С. 17-18.
5. Кузьменко М.І., Гудков Д.І., Паньков І.В. Радіонукліди та їх екологічне значення у водоймах України // Наукові записки. Серія: біологія, спец. випуск: гідроекологія. – Тернопільський педуніверситет. – 2001. – Т. 4. – № 15. – С. 19-21.
6. Паньков И.В. Распределение радионуклидов в зоне литорали водоемов разного типа / Тез. допов. Другого з'їзду Гідроекологічного товариства України. – К., 1997. – Т. 2. – С. 170-172.
7. Белоконь А.С., Дворецкий А.И., Новицкая О.А., Лаврова Т.В. Характеристика радионуклидного загрязнения абиотических и биотических компонентов экосистемы Запорожского (Днепрового) водохранилища // Наукові записки. Серія: біологія, спец. випуск: гідроекологія. – Тернопільський педуніверситет. – 2001. – Т. 4. – № 15. – С. 3-4.
8. Зарубин О.Л., Залиский А.А., Лукашев Д.В., Головач Л.А., Лактионов В.А. Неравномерность распределения радионуклидов в основных компонентах реки Припять на территории 30-км зоны ЧАЭС // Наукові записки. Серія: біологія, спец. випуск: гідроекологія. – Тернопільський педуніверситет. – 2001. – Т. 4. – № 15. – С. 11-12.
9. Францевич Л.И., Гайченко В.А., Крыжановский В.И. Животные в радиоактивной зоне. – К.: Наук. Думка, 1991. – 128с.
10. Мельниченко Р. К., Гарбар О. В., Стадниченко А. П., Іваненко Л. Д. Поліплоїдія і анеуплоїдія в родині перлівницевої фауни (*Mollusca*, *Bivalvia*, *Unionidae*) та їх можливе використання для оцінки екологічного стану водойм // Наукові записки. Серія: біологія, спец. випуск: гідроекологія. – Тернопільський педуніверситет. – 2001. – Т. 4. – № 15. – С. 139-140.
11. Янович Л.Н. Радиоактивное загрязнение перловицевых Центрального Полесья // Моллюски. Проблемы систематики, экологии и филогении: Четвертое (тринадцатое) совещание по изучению моллюсков (наземных, пресноводных и морских), Россия, Санкт-Петербург, 27-28 октября 1998. – Санкт-Петербург, 2000. – С. 164-165.
12. Манило В. В. Поліплоїдія – екологічний сигнал ? // Вісн. НАН України. – 2000. – №5. – С. 52-53.
13. Мельниченко Р. К. Порівняльно-каріологічна характеристика родини перлівницевої фауни (*Mollusca*, *Bivalvia*, *Unionidae*) фауни України: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — К., 2001. — 20 с.

Матеріал надійшов до редакції 21.08.01.

Стадниченко А.П., Мельниченко Р.К., Житова О.П., Янович Л.М., Киричук Г.Е. Роль моллюсков в распределении радионуклидов в водных экосистемах.

Отмечено пятнистый характер загрязнения водных экосистем бассейна Среднего Днепра радионуклидами (^{40}K , ^{90}Sr , $^{134-137}\text{Cs}$, ^{226}Ra , ^{232}Th). Исследована роль моллюсков у процессах миграции радиоактивных веществ в водоемах.

Stadnychenko A. P., Melnychenko R. K., Zhytova O. P., Yanovich L. M., Kirichuk G. E. The role of mollusks in radionuclides distribution in water ecosystems.

Patch pollution of the Middle Dnieper basin ecosystems with radionuclides (^{40}K , ^{90}Sr , $^{134-137}\text{Cs}$, ^{226}Ra , ^{232}Th) is registered. The role of mollusks in reservoir radioactive substances migration is investigated.