

## ЕКОЛОГІЧНА (ПОПУЛЯЦІЙНА) РАДІОСТІЙКІСТЬ ДИКИХ ТВАРИН

**В. А. ГАЙЧЕНКО, доктор біологічних наук**  
**Національний університет біоресурсів і природокористування**  
**України**  
**E-mail: general\_ecology@ukr.net**

**Анотація.** У статті розглянуто принципові можливості застосування еколого-ценотичного підходу до вивчення реакції популяцій диких тварин на постійне радіоактивне опромінення. Запропоновано принцип екологічної (популяційної) стійкості до радіаційного пресу.

**Ключові слова:** екологія тварин, навколишнє середовище, радіоекологія, опромінення, популяція, радіаційне забруднення, екосистема.

**Актуальність.** Накопичені після аварії на ЧАЕС дані про екологію тварин, які мешкають в умовах постійного опромінення, дають можливість з'ясувати деякі особливості функціонування фауністичних комплексів у радіаційних ценозах. Необхідність вирішення цього завдання зумовлена тим, що в центрі Європи утворилася велика радіаційна провінція, яка впродовж багатьох десятиліть істотно впливатиме на навколишнє середовище з усім його біологічним різноманіттям. Основним у цьому контексті стає порівняння фауністичних комплексів з радіаційних ценозів із звичайними (без радіаційного пресу) умовами.

Базуючись на цьому, варто згадати поняття радіаційної біогеоценології, сформульоване М. В. Тимофєєвим-Ресовським [1], яке свідчить про необхідність детального дослідження реакції біоти на такий потужний антропічний вплив, як радіаційне забруднення екосистем, і з'ясування основних закономірностей їх функціонування в цих умовах.

На жаль, часто під поняттям «радіоекологія» розуміють лише вивчення особливостей міграції радіонуклідів, переважно в ґрунтовому профілі або на шляху їх проникнення в ґрунтові води, або поведінку міграції під час накопичення в окремих ланках трофічних ланцюгів. Водночас важлива проблема вивчення механізмів виживання рослин і тварин при постійному радіоактивному опроміненні в наземних екосистемах поки що остаточно не вирішена.

Відповідно до основного принципу екології як науки про взаємовідносини організмів та їх угруповань з навколишнім середовищем треба зазначити, що предметом радіоекологічних досліджень найперше повинні стати, як відзначав ще Ч. Дарвін, «...найважливіші відносини, суть відносини між організмами...». Саме ці відносини, метою вивчення яких є пізнання особливостей функціонування і шляхів еволюції живих організмів і їх угруповань в умовах радіаційного середовища, мають стати предметом і радіаційної екології. Тому методи радіаційної екології мають бути набагато ширшими, ніж ті, що традиційно застосовуються, включаючи методи аутоекології, екології популяції і біоценології, методи екосистемного аналізу, що дозволяє вирішити проблему інтегровано. Останнє має особливе значення, оскільки після таких радіаційних аварій, як чорнобильська, створюється дуже складна екологічна обстановка, зумовлена безліччю різних екологічних чинників [2].

Вивчаючи вплив іонізуючого випромінювання на різні види та угруповання тварин, дослідники, самі того не бажаючи, відходять від класичного популяційного підходу, віддаючи перевагу визначенню індивідуальних або групових ефектів при опроміненні. Але, як відомо, популяція – ця єдино можлива форма існування будь-якого виду – дуже лабільна і водночас дуже динамічно стійка структура, яка всіма можливими способами (навіть до загибелі більшості особин, що її складають) у дуже жорстких умовах навколишнього середовища зберігає своє функціонування.

Звідси впливає основна відмінність екологічного підходу в радіоекології від традиційного радіобіологічного — потрібно не лише виявити ті або інші ефекти і пояснити причини, що їх зумовили, але й простежити, як вони впливають на стан популяції або угруповання, а також дати прогноз цього стану на майбутнє. Поєднання традиційних радіоекологічних показників з біоекологічними дає можливість зробити це значно точніше і раніше, а також визначити ступінь впливу постійного опромінення на екосистеми, наблизитися до основної мети радіоекології [3].

Для проведення радіоекологічного моніторингу тварин найбільш ефективним є використання еколого-популяційного і ценотичного підходів [4]. Ці, на перший погляд нетрадиційні для радіобіології підходи, судити допомагають зробити висновки про механізми і швидкість процесів, що відбуваються в популяціях, і дають можливість із достатньою впевненістю відокремити вплив звичайних екологічних умов від радіаційного тиску [5].

Уже в перші місяці після Чорнобильської аварії було встановлено [6, 7, 8], що в популяціях ґрунтових і підстилкових мікроартропод відбулися різкі кількісні і якісні зміни. Водночас наші дослідження показали нормальний стан популяцій ссавців, зокрема мишоподібних

гризунів, навіть у найбільш забруднених місцях. Якщо базуватися на концепції видової радіочутливості, то в цьому випадку виникає серйозна невідповідність: дрібні ссавці значно більш радіочутливі, ніж безхребетні тварини [9, 10, 11], проте в реальних умовах чорнобильської аварії вони жодним чином не відреагували на опромінення. Їхня щільність і видова різноманітність у перші роки після аварії істотно збільшилися, а це свідчить про покращення умов існування, зумовлене, ймовірно, зміною характеру природокористування в зоні відчуження [12, 13].

Після аварії на ЧАЕС, як і в деяких роботах до неї, дослідники відзначали насамперед зміни чисельності і видового складу мезофауни; значно меншою мірою це було характерним для ссавців і птахів [8, 12, 14]. Дуже цікаві дані про майже нормальне функціонування популяцій мисливсько-промислових звірів отримав В.І. Крижанівський зі співавторами [12], що також не можна повністю пояснити традиційним поглядом на радіостійкість. Пояснення цьому, на наш погляд, треба шукати у вже згадуваному положенні про видову радіочутливість.

Як зазначалось, більшість даних про видову радіочутливість тварин отримані на основі визначення напівлетальної або летальної дози при опромінюванні. Методично такий підхід має право на існування і дає можливість визначити дозові навантаження, які здатний витримати той або інший вид, а точніше – певна вибірка того або іншого виду тварин. З іншого боку, цей підхід не відображає всіх особливостей видової радіостійкості тварин.

По-перше, найчастіше її визначають в умовах одноразового (гострого) опромінювання, яке за своєю дією докорінно відрізняється від постійного і в природних умовах майже не трапляється.

По-друге, результати експериментів, проведених в лабораторних умовах на ізольованій групі тварин, використовуються для вивчення тих самих видів у природних умовах, що для частини радіоекологічних робіт не коректно. По суті, у таких експериментах визначають не видову (з еколого-популяційного погляду), а фізіологічну радіостійкість, тобто радіостійкість певної кількості особин даного виду. Проте відомо [16, 17], що навіть найбільш представницька вибірка з популяції, як кількісна, так і якісна, не може достатньою мірою відобразити всіх особливостей реакції популяції на радіаційний прес.

Саме тому під час вивчення наслідків таких великомасштабних аварій, як Чорнобильська, традиційний підхід не дає і не може дати повної відповіді на питання про можливі наслідки забруднення навколишнього середовища для фауністичних комплексів або для популяцій окремих видів тварин.

Протягом перших двох років після аварії в Чорнобильській зоні відчуження спостерігався [18, 19, 20] майже нормальний стан

фауністичних комплексів теплокровних тварин. Деякі відхилення від нього були зумовлені різкою зміною режиму господарської діяльності в зоні, пов'язаною з відселенням [11]. З іншого боку, вже через рік після аварії в ґрунтових ентомокомплексах спостерігалися ефекти, які неможливо пояснити тільки зміною звичайних екологічних умов [21].

Викладені факти свідчать про неоднозначну відповідь популяцій тварин на такий потужний фактор середовища, як постійне опромінення. Пояснення цьому треба шукати у внутрішніх популяційних механізмах, дія яких спрямована насамперед на підтримку стабільності популяції, зокрема в гомеостатичних механізмах популяції [22].

Відомо, що іонізуюче випромінювання знижує плодючість окремих тварин. Водночас для нормального функціонування популяції необхідна певна мінімальна чисельність, для підтримки якої, наприклад, до розмноження залучаються молодші вікові групи мишоподібних гризунів [18, 20], або збільшується відносна плодючість тварин [21], або 100% тварин беруть участь у другому розмноженні [22].

Отже, гомеостатичні популяційні механізми здатні певною мірою знижувати негативний вплив постійного опромінення і підтримувати чисельність популяції на рівні, необхідному для її нормального функціонування, що підтверджують дані динаміки чисельності мишоподібних гризунів у зоні відчуження [23].

Значна кількість даних свідчить про збільшення ступеня мінливості морфологічних показників різних груп тварин при опроміненні [24, 25]. Особливий інтерес у цьому контексті являють матеріали про збільшення ступеня мінливості деяких видів тварин в умовах постійного опромінювання в зоні відчуження. Зокрема, встановлено [24, 26], що в популяції колорадського жука із зони відчуження спостерігається 11 нових фенів малюнка надкрилець, причому 7 з них трапляється лише в зоні відчуження. Крім того, тут істотно зростає частка жуків (26-36% порівняно з 9-12% у контролі) з асиметричним проявом фенів. Виявлене збільшення кількості тварин з меланіновими пігментними плямами на надкрильцях у семиточкового сонечка, подібне за частотою у тварин із високігорних регіонів [27]. Простежується збільшення ступеня мінливості генетично детермінованої ознаки – індексу форми пташиних яєць. Показовим є те, що цей показник позитивно корелює зі щільністю забруднення ґрунту  $^{137}\text{Cs}$  [22].

Зрозуміло, що подібні епігенетичні та генетичні зміни в популяціях тварин збільшують їхню гетерогенність, що дає можливість цілеспрямованого відбору тих морф, які найбільшою мірою можуть протистояти несприятливим умовам середовища. Спочатку це може

виявлятися на рівні генних мутацій, чим і пояснюється епігенетична різноманітність у популяціях колорадського жука зони відчуження.

З іншого боку, в популяції відбувається «пошук» негенетичних механізмів зниження рівня дії постійного опромінювання, одним зі свідчень чого є збільшення кількості меланіну в зовнішніх покривах деяких комах.

Усе викладене достатньою мірою підтверджує висновок про те, що механізми функціонування фауністичних комплексів в умовах постійного опромінювання не зовсім адекватно описує загальноприйняте положення про видову радіостійкість. Для точнішого розуміння процесів, що відбуваються в популяціях тварин, які мешкають у радіаційних ценозах, треба враховувати їхні екологічні особливості та виділити ті чинники, які зумовлюють життєдіяльність в обмежених умовах середовища.

Відповідно до цього запропоновано ввести поняття екологічної (популяційної) радіостійкості тварин, яке, на наш погляд, коректніше пояснює отримані нами та іншими дослідниками дані.

Екологічна радіостійкість (радіостійкість популяцій) тварин – це ступінь відповіді популяції на постійне опромінення. Вона не залежить від видової радіостійкості, а визначається насамперед екологічними особливостями конкретного виду тварин: екологічною пластичністю, особливостями розмноження, тривалістю життя або тривалістю життєвого циклу, рухливістю тощо.

Чисельним виразом екологічної радіостійкості може бути щільність популяції (ос/га; ос/кв.м; ос/кв.км тощо). Чим вища вона в радіаційному ценозі, тим вища екологічна радіостійкість популяції.

Екологічна радіостійкість безпосередньо пов'язана з екологічною пластичністю виду: чим вона вища (наприклад, у видів-еврибіонтів), тим вища екологічна радіостійкість. Природно припустити, що види-стенобіонти повинні мати нижчу екологічну радіостійкість, оскільки вони вкрай різко реагують на зміни середовища.

Згідно з законом толерантності Шелфорда, у період розмноження багато факторів середовища стають обмежених, а межі толерантності для особин, які розмножуються, насіння, яєць, ембріонів, проростків і личинок зазвичай вужчі, ніж для дорослих рослин і тварин, що не розмножуються. Саме тому одним з основних чинників, що впливають на екологічну радіостійкість тварин, є особливості їх розмноження. Негативна дія постійного опромінювання насамперед позначається на популяціях тих видів тварин, які відрізняються тривалим періодом розвитку (наприклад, ґрунтових комах) і меншою мірою на популяціях тварин з відносно коротким періодом розвитку (наприклад, мишоподібних гризунів). Коливання чисельності тварин, які більшу частину свого циклу розвитку проводять у личинковій стадії в

забрудненому ґрунті, будуть більш істотні, ніж у тварин з коротшим циклом розвитку.

Екологічна радіостійкість значною мірою залежить від тривалості життя тварини. Зрозуміло, що чим вона більша, тим більшу дозу за життя накопичить ця тварина і тим більша ймовірність прояву певних порушень на рівні організму і популяції в цілому. Зворотна картина спостерігається у тварин з короткою тривалістю життя. Тому, наприклад, хоча чисельність мишоподібних гризунів у чорнобильській зоні відчуження обернено пропорційна щільності забруднення ґрунту, її коливання не виходять за межі спостережень у звичайних умовах.

Нарешті, в умовах надзвичайної плямистості чорнобильських випадань одним з важливих чинників екологічної радіостійкості є рухливість тварин. Більш рухливі тварини завдяки своїм добовим і сезонним переміщенням істотно знижують поглинену дозу, а значить є більш радіостійкими [28].

**Висновки і перспективи.** Екологічна радіостійкість є показником, який формують екологічні особливості того або іншого виду тварин і може бути визначена лише на основі всебічного вивчення радіаційного преса як однієї зі складових середовища, а всі реакції популяцій на цей фактор потрібно розглядати в еколого-популяційному контексті.

Варто зазначити, що радіаційне забруднення екосистем унаслідок Чорнобильської аварії спричинило інтенсифікацію мікроеволюційних процесів у популяціях низки видів тварин, ймовірно, через зміну норми реакції на навколишнє середовище. Двома напрямками цього процесу є стабілізуючий відбір і адаптація.

Свідомством прояву першого є реакція популяцій дрібних ссавців, яка полягає у відносно низькій мінливості, зокрема, краніологічних ознак (коефіцієнти варіації на різних полігонах не вище 8%) зі збереженням стабільної чисельності, що дає можливість популяції зберігати свої особливості.

Інший шлях – збільшення розмаху епігенетичної (і як наслідок – генетичної) мінливості, що виявляється в розширенні меж адаптації з подальшою зміною норми реакції виду, – є свідченням відбору найбільш пристосованих до радіаційного пресу особин і, врешті-решт, видових популяцій (тобто радіаційної адаптації). У цьому випадку ми спостерігаємо прояви закону альтернативної різноманітності [29], який полягає в тому, що функціональна стійкість системи обумовлена компенсаторною альтер.

#### **Список використаних джерел**

1. Тимофеев-Ресовский Н. В. Некоторые проблемы радиационной биогеоценологии // Пробл. кибернетики. – 1964. – №12. – С. 201-231.

2. I. N. Gudkov, V. F. Gaychenko, O. Yu. Pareniuk, D. M. Grodzinsky Changes in biocenoses in the chernobyl NPP accident zone / Ядерна фізика та енергетика, 2011, №4.
3. Гайченко В. А., Грисюк С. М. Лісові екосистеми в умовах радіоактивного забруднення Вид. НАУ, 2008. 64 с.
4. Гайченко В. А., Титар В. М., Стовбчатий В. М., Шуваліков, В. Б. Проблема системної оцінки впливу чорнобильської аварії на біорізноманіття та стійкість біосистем. //Агроєкологічний журнал, 2008, №1.
5. Гайченко В. А. Мікроеволюційні процеси в зоні відчуження ЧАЕС /Зб. Радіобіологічні та радіоекологічні аспекти Чорнобильської катастрофи. Славутич, 2011. С. 65.
6. Криволуцкий Д. А., Покаржевский А. Д. Изменения в популяциях почвенной фауны, вызванные аварией на Чернобыльской АЭС.// Тез. докл. I междунар. конф. «Биологические и радиоекологические аспекты последствий аварии на ЧАЭС», М., Наука, – 1990, -С. 78.
7. Криволуцкий Д. А. Почвенная фауна в экологическом контроле. - М.: Наука, -1994. - 270 С.
8. Гайченко В. А., Титар В. М., Стовбчатий В. М., Шуваліков В. Б. Загальні риси взаємозв'язку біорізноманіття фауністичних комплексів та їх компонентів в умовах радіоактивного забруднення. // Агроєкологічний журнал, 2008, №2.
9. Ильенко А. И., Крапивко Е. П. Экология животных в радиационном биогеоценозе. -М.: Наука, -1988, -330 С.
10. Соколов В. Е., Криволуцкий А. Д., Усачев В. Л. Дикие животные в глобальном радиоекологическом мониторинге. М.: Наука, -1989, -150 С.
11. Балашов Л., Гайченко В., Крижанівський В., Францевич Л. Вторинні екологічні зміни на евакуйованих територіях // Ойкумена (Український екологічний вісник). - 1992. - №2. - С. 31-43.
12. Gaichenko V. A., Kryzhanovsky V. I., Stovbchaty V. N. Post-Accident State of the Chernobyl Nuclear Power Plant Alienated Zone Faunal Complexes // Radiation Biology & Ecology, Special Issue. - 1994. - P. 27-32.
13. Францевич Л. И., Дидух Я. П., Гайченко В. А., Микитюк А. Ю., Крыжановский В. И. Вторичные экологические изменения, вызванные эвакуацией населения // Чернобыльская катастрофа.- Киев: Наукова думка, 1995. - С. 320-325.
14. Криволуцкий Д. А. Почвенная фауна - биоиндикатор радиоактивных загрязнений.// В кн.:»Радиоекология почвенных животных», М.: Наука, -1985, -С. 5-52.
15. Gaychenko. V. Ecosystemy czarnobylskiey strefy skezenia. /Ecologia a transformacje ciwilizacyjne na przelomie wikow. Lublin, Ekoul, 2000, st. 322-332
16. Маслова К. И. О радиочувствительности и радиорезистентности природных популяций мелких млекопитающих.// Тр. Коми научного центра УрО АН СССР, No 97, Сыктывкар, -1988, -С. 5-15.
17. Гайченко В. А. Особливості формування дозових навантажень деяких наземних тварин //Науковий вісник НУБіП, 2009, №134, ч.1, 134-141
18. Гайченко В. А., Жежерин И. В., Небогаткин И. В. Динамика численности мелких млекопитающих в 30-ти километровой зоне ЧАЭС в до- и послеаварийный период // Доклады 2-го Всесоюзного научно-технического

совещания по итогам по ЛПА на ЧАЭС. - Чернобыль, 1990. - т. VI, ч. III. - С. 449-464.

19. Микитюк А. Ю. Изменение состояния водно-болотного орнитокомплекса в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС за период с 1986 по 1992 год. // Эколого-фаунистические исследования в зоне Чернобыльской АЭС. К.: Медэкол, -1996, -С. 53-69.

20. Гайченко В. А., Жежерин И. В., Небогаткин И. В. Изменения видового состава и численности мелких млекопитающих в 30-км зоне ЧАЭС в послеаварийный период. // В сб.: «Млекопитающие Украины», К.: Наукова думка, -1993, -С. 153 - 164.

21. Ермохин В. Я., Мунтян С. П. К оценке влияния повышенного фона ионизирующей радиации на популяционные показатели животных. / В кн. «Радиоэкология почвенных животных», М.: Наука, -1985, -С. 148 - 156.

22. Габер Н. А., Галинская И. А. Результаты оологических исследований в 30-километровой зоне ЧАЭС. // ДАН Украины, -1993, №1, - С. 123 - 127.

Гайченко В.А. Значення мишоподібних гризунів в біогенній міграції <sup>137</sup>Cs на перелогах // Ядерна фізика та енергетика, 2012. т. 12. №4

23. Титар В. М., Кульчицкий С. С., Пшеничный С. А. Фенетическая изменчивость колорадского картофельного жука в 30-километровой зоне Чернобыльской АЭС. // Тез. докл. I международной конфер. «Биологические и радиоэкологические аспекты последствий аварии на ЧАЭС». М.: Наука, -1990, - С. 153.

24. Захаров В. М., Яблоков А. В. Анализ морфологической изменчивости как метод оценки состояния природных популяций // Радиоэкология почвенных животных. - М.: Наука, -1985. - С. 176 - 185.

25. Gaychenko V., Tytar V. Special features of animal wildlife in the Chernobyl exclusion zone. / Proc. Int. Conf. UNESCO «Ten years after the Chernobyl catastrophe.» Belsens Publ., 1996, p. 46 - 52

26. Габер Н. А., Титар В. М. Эколого-генетический мониторинг поселений большой синицы в 30-и километровой зоне ЧАЭС // Вестник Днепропетровского ГУ, Биология и экология, вып.1, Днепропетровск: Изд. ДГУ, -1993, -С. 131 - 132.

27. V. A. Gaychenko, O. Yu. Krainiuk Peculiarities of forming absorbed dose in some wild animals // Ядерна фізика та енергетика. 2015, т. 16, №3

28. Емельянов И. Г. Роль разнообразия в функционировании биологических систем. // Препринт ИЗ НАН Украины No 92.6, Киев, - 1992, - 64С.

### References

1. Burda R.I. International forum on environmental problems of fitoinvaziy / Burda R., Protopopova V., Tokhtar V., Shevera V. // Ukrainian Botanical Journal. –1999. –V.56, №1. – P.112-114.

2. Andersen E. Developing a high nature value indicator. Report for the European Environment Agency, Copenhagen. / Baldock, D., Bennett H., Beaufoy G., Bignal E., Brouwer F., Elbersen B., Eiden G., Godeschalk F., Jones G., McCracken D.I., Nieuwenhuizen W., van Eupen M., Hennekens S. & Zervas G. – 2003. <http://eea.eionet.europa.eu>.

3. Protopopova V.V. Synanthropic flora of Ukraine and ways of its development / V. Protopopova // K.: The scientific thought, 1991. – 202 p.



4. Takhtadzhyan A.L. The system of magnoliifitov / A. Takhtadzhyan. – M.: L.: The science, 1987. – 247 p.
5. International Code of Botanical Nomenclature (Vienna Code) / Translated from English by T.V. Yegorova, D.V. Geltman, I.V. Sokolova, I.V. Tatanova. Association of scientific editions KMK, Moscow; Saint Petersburg, – 2009. – 282 p.
6. Cherepanov S.K. Vascular plants of Russia and neighboring countries / S. Cherepanov. – St. Petersburg .: The peace and family, 1995. – 990 p.
7. Golubev V.N. Principles of construction and maintenance of the linear system of life forms angiosperms / V. Golubev // Bul . Moscow Society of Naturalists. 1972. – V.77. – P.6. - P.72-80.
8. Raunkiaer C. The life forms of plants and statistical geography/ C. Raunkiaer – Oxford, 1934. – 632 p.
9. Bazilevich N.I. Methodological guidelines for the study of dynamics and biological cycle in plant communities / N. Bazilevich - Leningrad. 1986. – P. 231.
10. Bellegarde A.D. Forest vegetation southeast of USSR / A. Bellegarde. – K.: Publishing House of Kiev. Univ., 1950. – 263 p.
11. Sukopp H. Human impact on vegetation/ H. Sukopp // Vegetatio.-1969.-V.17.-P. 360-371.

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ (ПОПУЛЯЦИОННАЯ) РАДИОУСТОЙЧИВОСТЬ ДИКИХ ЖИВОТНЫХ**

***V. A. Гайченко***

**Аннотация.** *В статье рассмотрены принципиальные возможности использования эколого-ценотического подхода к изучению реакции популяций диких животных на постоянное радиоактивное облучение. Предложен принцип экологической (популяционной) стойкости к радиационному прессу.*

**Ключевые слова:** *экология животных, окружающая среда, радиоэкология, облучение, популяция, радиационное загрязнение, экосистема.*

## **ENVIRONMENTAL (POPULATION) RADIORESISTANCE WILDLIFE**

***V. Haychenko***

**Abstract.** *In the article of principles possibilities of taking ecological approach are considered to the study of reaction of populations of wild animals on a permanent radio-active irradiation. Principle of ecological (population) firmness is offered to the radiation pressure.*

**Keywords:** *animal ecology, environment, radioecology, exposure, population, radioactive contamination, ecosystem.*