

В. А. Гайченко

*Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ***РАДІАЦІЙНА АДАПТАЦІЯ ЯК ОДИН З ФАКТОРІВ
МІКРОЕВОЛЮЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ В ПОПУЛЯЦІЯХ ТВАРИН**

На основі вивчення основних напрямків відповіді популяцій окремих видів і фауністичних комплексів на радіонуклідне забруднення біоценозів розглядаються питання взаємозв'язку адаптації тварин до радіаційного преса за рахунок збільшення рівня епігенетичної мінливості та особливостей стратегії виживання. Висловлюється припущення про зростання рівня мікроеволюційних процесів в умовах радіоактивного забруднення ценозів.

Ключові слова: радіоактивне забруднення, радіоадаптація, генетична мінливість, епігенетична мінливість, стратегії виживання.

В еволюційному сенсі поняття «адаптація» повинне стосуватися не стільки окремої особини, скільки популяції та виду. Зміни ж у межах окремої особини у відповідь на ті або інші зміни довкілля відбуваються в межах генетично обумовленої для виду норми реакції. Це і зміни орієнтації хлоропластів у клітині під впливом світла, і зміни інтенсивності транспірації і дихання рослини протягом доби тощо. З еволюційної точки зору адаптацією у всіх цих випадках буде здатність організмів даного виду змінюватися відповідно до впливу зовнішнього фактора, тобто зміна норми реакції даної ознаки або властивості. При формуванні адаптацій відбувається перетворення випадкового у необхідне для популяції і виду формування ознак і властивостей. Випадкові спадкові зміни в ході еволюції або елімінуються, або спрямовано перетворюються природним добром у нову норму реакції на змінені умови середовища існування.

Вважається, що підвищена стійкість тварин і рослин, які постійно перебувають на територіях з підвищеним рівнем іонізуючого випромінювання, обумовлена тривалим популяційним добром найбільш пристосованих генотипів. В основі цієї гіпотези лежить, з одного боку, факт загибелі найбільш чутливих до опромінення організмів і виживання найбільш стійких, а з іншого – явище накопичення на основі мутацій значного потенціалу мінливості, за рахунок якого і відбуваються мікроеволюційні перетворення.

Саме останнє знаходить все більше підтвердження в результатах дослідження особливостей існування тварин в умовах зони відчуження ЧАЕС. Зокрема, з'ясовано механізми фізіологічної адаптації за рахунок зниження інтенсивності метаболізму мишоподібних унаслідок зменшення споживання кисню [1], встановлено значний рівень епігенетичної мінливості деяких видів комах [2 - 6], пов'язаний зі збільшенням частоти мела-

нінвісних плям на надкрилах і крилах, достовірні відмінності в пропорціях черепа мишоподібних гризунів [7, 8]. Очевидно, що подібні епігенетичні та генетичні зміни в популяціях тварин збільшують їхню гетерогенність, що дає можливість направленого добору тих морф, які найбільшою мірою можуть сприяти протистоянню несприятливим умовам навколишнього середовища. На перших порах це може проявлятися на рівні генних мутацій, чим і пояснюється та епігенетична різноманітність, зокрема в популяції колорадського жука, що спостерігається в радіаційних ценозах. З іншого боку, у популяції відбувається "пошук" негенетичних механізмів зниження ступеню негативної дії хронічного опромінення, одним зі свідчень чого є збільшення кількості меланіну в зовнішніх покривах деяких комах [9].

Накопичений за роки після аварії на ЧАЕС фактичний матеріал свідчить про істотні популяційні ефекти, які є проявом екологічної адаптації тварин до радіаційного стресора. Ці ефекти, у першу чергу, стосуються значного зменшення чисельності тварин різного таксономічного рангу, змін статевої і вікової структури популяцій, зменшення рівня репродукції в популяціях деяких видів, тобто класичних екологічних показників, що характеризують стан популяції.

Відомо, що початкові етапи еволюційного процесу полягають у незворотному пристосованому перетворенні популяцій як форми існування виду з усіма притаманними умовами для самостійного існування і розвитку протягом обмежено тривалого проміжку часу, здатної адаптивно реагувати на зміни зовнішнього середовища. Здатність популяції підтримувати свою чисельність у стані динамічної рівноваги, не зважаючи на зміни оточуючого середовища, визначається гомеостатичними реакціями окремих особин, динамікою екологічної структури популяції та змінами її генетичного складу [10].

Таким чином, екологічні механізми еволюційних перетворень виявляються у трьох найважливіших формах, що ґрунтуються на змінах вікової структури популяції (віковий добір), змінах чисельності (невибіркова елімінація) і зміні просторової структури популяції. Практично всі три наведені типи механізмів мали і мають місце в умовах посиленого преса, що виник унаслідок підвищеного рівня іонізуючого випромінювання.

Уже в перші місяці після аварії з'явилась значна кількість повідомлень про суттєве зниження чисельності диких тварин різних видів (у першу чергу безхребетних) під впливом радіонуклідного забруднення території нинішньої зони відчуження ЧАЕС. Різде зниження чисельності стосувалось різних систематичних груп тварин, найперше комах та інших представників безхребетних, і відбувалось унаслідок руйнування системи трофічних зв'язків у лісових біоценозах, що серед комах, зокрема, призвело до зменшення чисельності та збіднення видового складу метеликів, попелиць-хермесів, соснових клопиків, мурашок, які живилися виділеннями попелиць [11, 12]. Разом з тим під час різкого зниження чисельності і можливого збіднення генофонду популяції екологічні механізми підтримання генетичної різноманітності популяції спрацьовують з особливою ефективністю – масою відновлення популяції за рахунок розмноження тварин, які пройшли свій розвиток у суттєво відмінних умовах середовища. На цьому фоні спостерігався відомий ще з доаварійних часів радіобіологічний феномен істотного зниження як абсолютної, так і відносної плодючості у різних видів хребетних тварин, що компенсувалось, зокрема, залученням до процесу відтворення молодших (фізіологічно незрілих) вікових груп нориць та 100 %-ним залученням до повторної кладки яєць аборигенних видів птахів. Це свідчить про першочергову роль невибіркової елімінації, яка здійснює на екологічну структуру популяції строго вибіркового впливу, перетворює її у визначених напрямках, у відтворенні певною мірою адаптованих до радіаційного впливу популяцій тварин. Пряма залежність щільності мишоподібних гризунів від щільності радіонуклідного забруднення ґрунту [13] є підтвердженням спрямованості адаптаційного процесу у мишоподібних гризунів зони відчуження саме на невибірково елімінацію і підтримання необхідної для існування популяції щільності за рахунок найбільш пристосованих до змінених умов середовища особин. Спочатку різке зниження чисельності популяції внаслідок невибіркової елімінації призводить до випадкового (неадаптивного) напрямку мікроеволюційних процесів у збіднених біоценозах. Наступним

етапом цих процесів повинні бути зміни просторової структури популяції як джерела пристосувального перетворення її генофонду.

Зміни чисельності диких тварин безпосередньо пов'язані зі стратегією виживання в мінливих умовах середовища. Складна екологічна обстановка в чорнобильській зоні відчуження, яка сформувалась унаслідок альтернативної взаємодії [14] радіоактивного забруднення місцевості та сприятливих умов існування для диких тварин, що виникли тут унаслідок зміни характеру природокористування, призвела до істотних змін життєдіяльності деяких груп тваринного світу, зокрема до чіткого проявлення *K*- і *r*-стратегії виживання в популяціях індикаторних видів. Як відомо, для *r*-стратегії (або *r*-добору) найхарактернішими рисами є: зазвичай катастрофічна, невибірково і незалежна від щільності популяції смертність; нерівноважний розмір популяції, як правило значно нижчий за екологічну ємність середовища, екологічний вакуум; слабка або мінлива внутрішньовидова чи міжвидова конкуренція. Добір в напрямі *r*-стратегії сприяє ранньому розмноженню, значній кількості нащадків, невеликим розмірам тіла, швидкому розвитку, короткому життєвому циклу (не більше року), а також призводить до підвищеної продуктивності. Практично всі ці сприятливі для виживання диких тварин особливості добору наявні, зокрема, в популяціях мишоподібних гризунів зони відчуження, що свідчить, з одного боку, про суттєві адаптаційні можливості цих тварин, а з іншого – про ранні стадії сукцесії екосистем і вигоду саме *r*-стратегії виживання в даних умовах. Негативний вплив хронічного опромінення на *r*-стратегів у першу чергу відбивається на популяціях тих видів, які відрізняються тривалим періодом розвитку (наприклад, ґрунтових комах) і більшу частину життєвого циклу проводять у забрудненому ґрунті в стадії личинки, проте відрізняються коротким життєвим циклом імаго й одноразовим за період життя розмноженням.

На відміну від *r*-стратегів, *K*-стратегії характеризуються тривалим життєвим періодом і відносно низькою плодючістю, що в умовах підвищеної смертності потомства може призвести до поступового зниження їхньої чисельності. Не виключено, що саме такі особливості стратегії виживання стали однією з причин заміщення осілого в умовах зони відчуження виду птахів – великої синиці (*Parus major* L.) – перелітним видом строкатою мухоловкою (*Muscicapa hypoleuca* Pall.) [13].

Таким чином, радіонуклідне забруднення екосистем унаслідок аварії на ЧАЕС певним чином сприяє інтенсифікації мікроеволюційних перет-

ворень у популяціях ряду видів тварин, імовірно, через зміну норми реакції у відповідь на зміну умов навколишнього середовища. У зв'язку з цим можна виділити два напрямки цього процесу – адаптація до умов змін навколишнього середовища і стабілізуючий добір. Перший шлях – збільшення розмаху епігенетичної (і як наслідок – генетичної) мінливості, що виражається в розширенні можливостей адаптації до несприятливих умов, з подальшим зміщенням норми реакції відповідно до цих умов – свідоцтво добору найбільш пристосованих до радіаційного стресора

особин і, врешті-решт, видових популяцій (тобто радіаційної адаптації). У цьому випадку спостерігається дія закону альтернативної різноманітності, який полягає в тому, що функціональна стійкість системи обумовлена компенсаторною альтернативною зміною в структурі взаємодіючих підсистем [14]. Свідоцтвом прояву другого шляху є така реакція популяцій мишоподібних гризунів, яка виявляється у відносно низькій мінливості, наприклад, краніологічних ознак зі збереженням певної стабільної чисельності, що дає змогу популяції зберігати свої особливості.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Тестов Б.В.* Адаптация животных к радиации в зоне Чернобыльской аварии // Радиозоологические исследования в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС (к 20-летию аварии на Чернобыльской АЭС): Тр. Коми НЦ УрО РАН. - Сыктывкар, 2006. - № 180. - С. 99 - 106.
2. *Титар В.М., Кульчицкий С.С., Пшеничный С.А.* Фенетическая изменчивость колорадского картофельного жука в 30-километровой зоне Чернобыльской АЭС // Тез. докл. I междунар. конф. "Биологические и радиозоологические аспекты последствий аварии на ЧАЭС". - М.: Наука, 1990. - С. 153.
3. *Титар В.М.* Фенетические исследования изменчивости насекомых в 30-километровой зоне Чернобыльской АЭС // Там же. - С. 160.
4. *Титар В.М.* Популяционно-морфологическая изменчивость животных (на примере некоторых модельных видов насекомых) // Эколого-фаунистические исследования в зоне Чернобыльской АЭС. - Киев, 1994. - (Препр. / Ин-т зоол. НАН України; 94.5). - С. 19 - 31.
5. *Гайченко В.А., Титар В.М., Жданова Н.Н., Василевская А.И.* Проявления промышленного меланизма в биоте 30-километровой зоны после Чернобыльской катастрофы // Тез. докл. II съезда радиобиологов. - К., 1993. - Т. 3. - С. 994.
6. *Ломакин М.Д.* Первичное воздействие радиоактивного загрязнения на пядениц (Lepidoptera, Geometridae) и непараметрические оценки отдаленных последствий аварии на ЧАЭС // Тез. докл. I междунар. конф. "Биологические и радиозоологические аспекты последствий аварии на ЧАЭС". - М.: Наука, 1990. - С. 84.
7. *Гайченко В.А., Титар В.М.* Радиозоологический мониторинг животных в 30-километровой зоне ЧАЭС // Тез. докл. II съезда радиобиологов. - К., 1993. - Т. 1. - С. 203 - 204.
8. *Гайченко В.А., Титар В.М.* Мінливість краніометричних ознак мишоподібних гризунів в умовах зони відчуження Чернобыльської АЕС // Наук. вісн. НУБіП. - 2009. - № 134, ч. 3. - С. 328 - 338.
9. *Козиненко И.И., Титар В.М., Шуваликов В.Б.* Природные популяции животных в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС: комплексный биомониторинг гомеостаза // Радиозоологические исследования в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС (к 20-летию аварии на Чернобыльской АЭС): Тр. Коми НЦ УрО РАН. - Сыктывкар, 2006. - № 180. - С. 48 - 68.
10. *Шварц С.С.* Эволюционная экология животных. - Свердловск, 1969. - 199 с.
11. *Гайченко В.А., Стовбчатий В.М., Титар В.М., Шуваликов В.Б.* Проблема системної оцінки впливу чернобыльської аварії на біорізноманіття та стійкість біосистем // Агроекологічний журнал. - 2008. - № 1. - С. 65 - 71.
12. *Гайченко В.А., Титар В.М., Стовбчатий В.М., Шуваликов В.Б.* Загальні риси взаємозв'язку біорізноманіття фауністичних комплексів та їх компонентів в умовах радіоактивного забруднення // Там же. - № 2. - С. 84 - 92.
13. *Гайченко В.А.* Радиобіологічні наслідки аварії на ЧАЕС в популяціях диких тварин зони відчуження: Автореф. дис. ... д-ра біол. наук. - К., 1996. - 48 с.
14. *Емельянов И.Г.* Роль разнообразия в функционировании биологических систем. - Киев, 1992. - (Препр. / Ин-т зоол. НАН України; 92.6). - С. 78.

В. А. Гайченко

РАДИАЦИОННАЯ АДАПТАЦИЯ КАК ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ МИКРОЭВОЛЮЦИОННОГО ПРОЦЕССА В ПОПУЛЯЦИЯХ ЖИВОТНЫХ

Изучение основных направлений ответа популяций отдельных видов и фаунистических комплексов на радионуклидное загрязнение биоценозов дает возможность рассмотреть вопросы взаимосвязи адаптаций животных к радиационному прессу за счет повышения уровня эпигенетической изменчивости и особенностей стратегии выживания. Высказано предположение об увеличении уровня микроэволюционных процессов в условиях радиоактивного загрязнения биоценозов.

Ключевые слова: радиоактивное загрязнение, адаптация, генетическая изменчивость, эпигенетическая изменчивость, стратегия выживания.

V. A. Gaychenko

**RADIATION ADAPTATION AS ONE OF THE FACTORS
FOR MICROEVOLUTION PROCESSES IN ANIMALS POPULATIONS**

Study of the main directions of response populations of individual species and faunistic complexes provides opportunity to address the relationship of adaptations of animals to radiation press by raising the level of epigenetic variability and features of a survival strategy. It is suggested to increase the level of microevolutionary processes in conditions of radioactive contamination biocenosis.

Keywords: radioactive contamination, adaptation, genetic variation, epigenetic variation, a survival strategy.

Надійшла 05.02.2013

Received 05.02.2013