

УДК 574.24; 57.042; 599.32

ПОПУЛЯЦІЙНІ ДЕМОГРАФІЧНІ ПАРАМЕТРИ ЖОВТОГОРЛОЇ МИШІ ТА РУДОЇ НОРИЦІ

Задира С.В., Скляр М.І.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

luminary_SV@ukr.net

Техногенне хімічне забруднення довкілля є актуальною проблемою сучасності. До екологічно небезпечних підприємств Київської області відноситься найбільш потужний забруднювач регіону – Трипільська теплоелектростанція. Викиди цього підприємства становлять понад 84%. Антропогенне забруднення довкілля важкими металами безпосередньо може впливати на живі організми й здатне негативно відобразитися на їх популяційно демографічних, морфо фізіологічних та анатоми-фізіологічних параметрах. Більшість експериментальних досліджень впливу забруднюючих речовин із застосуванням модельних видів гризунів проводяться в лабораторних умовах. Результати таких досліджень не відбивають реальну дійсність стану довкілля у зв'язку з відмінностями природних умов існування тварин. Представлена дисертаційна робота присвячена виявленню основних наслідків змін природних популяцій мишоподібних гризунів в умовах забруднення важкими металами екосистеми грабової діброви, що і знайшло відображення у меті та завданнях дослідження.

Матеріали та методи. Для проведення комплексних біомоніторингових досліджень впливу антропогенного забруднення довкілля важкими металами на природні популяції тварин доцільно використовувати найбільш показові, важливі та технічно доступні індикаторні ознаки організмів. Тому для реалізації такої мети дослідження шляхом порівняльного аналізу популяційних, морфофізіологічних та анатоми-фізіологічних параметрів стану організму мишоподібних гризунів було обрано три райони в межах правобережної частини Середнього Придніпров'я з різним ступенем антропогенного навантаження: Канівський природний заповідник, НПП «Голосіївський», район впливу Трипільської ТЕС. Дослідження проводили у природних популяціях мишоподібних гризунів – жовтогорлої миші (*Apodemus flavicollis* Melchior, 1834) та рудої нориці (*Myodes glareolus* Schreber, 1780), які є поширеними та постійними мешканцями грабових лісів. Середовище мешкання цих видів тісно пов'язане з ґрунтовою підстилкою, саме тому вони можуть виступати біомоніторами техногенного забруднення довкілля. Для характеристики ступеню забруднення досліджуваних територій було досліджено вміст важких металів в основних компонентах екосистеми грабової діброви (ґрунтовому покриві, підстилці, листі грабу).

Результати та їх обговорення. Аналіз вмісту рухомих форм досліджених важких металів у верхньому 10 см шарі ґрунту показав, що такий вміст у районі впливу Трипільської ТЕС значно (у 3-8 разів, $p < 0,05$) перевищував рівні, що були характерні для території Канівського природного заповідника. Зокрема, вміст Pb у

ґрунті району впливу Трипільської ТЕС складав $0,34 \pm 0,05$ мг/кг; Cd – $0,03 \pm 0,00$ мг/кг; Cr – $0,17 \pm 0,03$ мг/кг; Ni – $0,30 \pm 0,05$ мг/кг; Co – $0,25 \pm 0,01$ мг/кг; Cu – $0,05 \pm 0,01$ мг/кг; Zn – $4,7 \pm 0,3$ мг/кг. Тоді як вміст Pb у ґрунті заповідної території становив $0,06 \pm 0,01$ мг/кг; Cr – $0,07 \pm 0,03$ мг/кг; Ni – $0,04 \pm 0,02$ мг/кг; Co – $0,05 \pm 0,02$ мг/кг; Cu – $0,02 \pm 0,01$ мг/кг; Zn – $0,9 \pm 0,5$ мг/кг; вміст Cd – був нижче межі чутливості аналітичного методу визначення цього металу ($<0,002$ мг/кг). Ґрунти НПП «Голосіївський» характеризувалися підвищеним вмістом Pb ($0,27 \pm 0,09$ мг/кг) щодо аналогічного вмісту металу в Канівському природному заповіднику, проте, у порівнянні з територією району впливу Трипільської ТЕС, відмінності за вмістом свинцю виявилися статистично незначимими ($p > 0,05$). Вміст інших досліджених важких металів у ґрунтового покриві цього району виявився в 2-5 разів більшим, ніж у Канівському природному заповіднику, однак в 2-3 рази меншим, ніж у районі впливу Трипільської ТЕС ($p < 0,05$). Проте слід зазначити, що в жодному випадку не було виявлено перевищення нормативних величин ГДК важких металів для орних ґрунтів. Це може бути інтерпретовано з боку діючого природоохоронного законодавства як цілком задовільна екологічна ситуація в усіх досліджуваних районах.

Як маркер ступеню забруднення обраних районів дослідження, було використано також хімічний склад листового шару підстилки, що чітко відокремлювався від ґрунту ферментованим шаром, в лісових екосистемах, де мешкають мишоподібні гризуни. Встановлено, що у липні товщина листового шару підстилки в Канівському природному заповіднику була найменшою 1,0-2,3 см, тоді як товщина лісової підстилки в умовах впливу Трипільської ТЕС – максимальною (4,5-6,5 см). Це свідчить про гальмування процесів мінералізації органічних решток підстилкового шару ґрунту на забрудненій території. Тоді як товщина листового шару підстилки в НПП «Голосіївський» складала 2,5-3,0 см. Виявлено, що вміст досліджених важких металів (окрім Ni) у лісовій підстилці в районі впливу Трипільської ТЕС значно вище (у 2-5 разів, $p < 0,05$), у порівнянні із заповідною територією.

Аналіз поглинання важких металів зеленою фітомасою виду-едифікатору (*C.betulus*) грабового лісу показав, що в умовах впливу Трипільської ТЕС досліджені елементи накопичуються найбільше (в 2-25 разів, $p < 0,05$), у порівнянні з Канівським природним заповідником. Тоді як відмінності за вмістом досліджених важких металів у листі грабу НПП «Голосіївський», в порівнянні з двома іншими районами, виявилися статистично незначимими ($p > 0,05$). Найбільшою величиною накопичення характеризувалася зелена фітомаса виду-едифікатору (*C.betulus*) в районі впливу Трипільської ТЕС, у порівнянні з фоновою територією, для Pb, Cd, Cu, Co та Mn.

Отже, одержані результати дають змогу зробити висновок, що підвищений вміст важких металів у ґрунтового покриві, в лісовій підстилці та зеленій фітомасі виду-едифікатору (*C.betulus*) грабового лісу, у порівнянні з Канівським природним заповідником (фоновою територією), свідчить про інтенсивне техногенне забруднення району впливу Трипільської ТЕС. У НПП «Голосіївський» також відмічений підвищений вміст деяких важких металів в ґрунті, підстилці та листі

грабу, що вказує на забруднення даної екосистеми. Таким чином, можна стверджувати, що спостерігається послідовне збільшення шкідливих поллютантів в основних компонентах екосистеми грабової діброви у ряду: Канівський природний заповідник => НПП «Голосіївський» => район впливу Трипільської ТЕС. Збільшення вмісту важких металів у ґрунті, лісовій підстилці та листі грабу останніх двох районів скоріше за все зумовлено процесами атмосферного переносу та випадіння забруднювачів (наявність великого мегаполісу поряд із НПП «Голосіївський» та потужної Трипільської ТЕС відповідно).

Дослідження процесів розподілу хімічних елементів в основних компонентах екосистеми грабової діброви показали, що в умовах постійного забруднення важкими металами великим підприємством та автотранспортом (район впливу Трипільської ТЕС та НПП «Голосіївський» відповідно) спостерігається переміщення свинцю, нікелю, міді, та кобальту з ґрунту до рослин, з опадом листя яких метали акумулюються в лісовій підстилці, або, навпаки, важкі метали у вигляді пилу осідають на рослини, потім акумулюються в лісовій підстилці та осідають у ґрунтового покриві. Тоді як у Канівському природному заповіднику важкі метали знаходяться в постійному біогеохімічному кругообігу, тобто зазначені полютанти інтенсивно акумулюються в лісовій підстилці, у процесі розкладу якої в незначній кількості надходять до ґрунту та поглинаються рослинами. Як результат, основним депо Pb та Co виступає верхній шар ґрунту на досліджуваних територіях, тоді як найменше поглинають ці елементи види-едифікатори (*C.betulus*) грабового лісу. Звідси випливає, що міграція свинцю та кобальту в Канівському природному заповіднику, НПП «Голосіївський» та районі впливу Трипільської ТЕС відбувається наступним шляхом: листя грабу => підстилка => ґрунт. Виявлено, що нікель та мідь в умовах впливу Трипільської ТЕС та НПП «Голосіївський» інтенсивно поглинаються листям грабу, проте у ґрунтового покриві знаходяться в недоступній формі. Тобто ці метали у вигляді пилу осідають на рослини. На території Канівського природного заповідника акумулювання Ni та Cu зосереджене в лісовій підстилці, з якої ці метали надходять спочатку до ґрунтового покриву, а потім поглинаються рослинами, тобто шляхи розподілу цих металів є схожими: ґрунт => листя грабу => підстилка.

Отже, важкі метали характеризуються високою міграційною здатністю; виступають яскравими маркерами техногенного забруднення екосистеми. У свою чергу, лісова підстилка є геохімічним бар'єром для важких металів. Вона виступає в ролі важливої ланки системи зв'язків між рослинністю та ґрунтом; є одним із найважливіших функціональних компонентів лісової екосистеми, який об'єднує абіотичні та біотичні частини біогеоценозу до цілісної системи.

Підвищений вміст важких металів в основних компонентах екосистеми, і перш за все, в рослинності, яка є основним кормовим ресурсом мишоподібних гризунів, неминуче призводить до підвищення їх концентрації в організмі ссавців-фітофагів. Тому з метою виявлення основних закономірностей розподілу важких металів в організмі було проаналізовано вміст хімічних елементів у органах *A.flavicollis* та *M.glareolus* з досліджуваних територій, що характеризуються різним ступенем хімічного забруднення ґрунтового покриву, підстилки та виду-

едифікатору (*C.betulus*) грабового лісу. Встановлено, що протягом вегетаційних сезонів 2011-2013 рр. вміст Cu, Zn, Mn, Ni, Cd у органах (печінці, нирках, селезінці) мишоподібних гризунів із забрудненого району є достовірно вищим, ніж у гризунів на заповідній території. Так, навесні вміст досліджених важких металів у печінці *A.flavicollis* з району впливу Трипільської ТЕС виявився в 2-5 разів більшим, ніж аналогічний вміст у Канівському природному заповіднику, у нирках – в 2-4 разів, у селезінці – в 2-3 разів; у печінці *M.glareolus* – в 2-5 разів, у нирках – в 3-7 разів, у селезінці – в 3-5 разів ($p<0,05$). Влітку вміст важких металів у печінці *A.flavicollis* із забрудненого району виявився в 3-5 разів більшим, ніж аналогічний вміст на фоновій території, у нирках – в 3-8 разів, у селезінці – в 4-7 разів; у печінці *M.glareolus* – в 2-4 разів, у нирках – в 2-7 разів, у селезінці – в 3-7 разів ($p<0,05$). Восени вміст досліджених металів у печінці *A.flavicollis* з району впливу Трипільської ТЕС виявився в 2-3 рази більшим, ніж аналогічний вміст у Канівському природному заповіднику, у нирках – в 3-6 разів, у селезінці – в 4-7 разів; у печінці *M.glareolus* – в 2-5 разів, у нирках – в 2-5 разів, у селезінці – в 3-5 разів ($p<0,05$). Тоді як вміст Cu, Zn, Mn, Ni, Cd в досліджених органах мишоподібних гризунів з НПП «Голосіївський» впродовж різних вегетаційних сезонів, у порівнянні з фоновією та забрудненою територіями, виявився середнім.

З вищезазначеного випливає, що вміст важких металів в основних компонентах досліджуваних територій (ґрунті, підстилці, листі грабу) є більшим, ніж в організмі мишоподібних гризунів. Очевидно, що для дрібних ссавців (зокрема, жовтогорлої миші та рудої нориці) характерні досконалі механізми регуляції мінерального обміну. Проте, слід зазначити, що важкі метали найбільш інтенсивно акумулюються у печінці, нирках та селезінці *A.flavicollis* та *M.glareolus* на забрудненій території, у порівнянні з фоновими умовами. Це, в свою чергу, може істотно впливати на популяційні параметри, загальний фізіологічний стан тварин, а також перебіг важливих біохімічних процесів в організмі.

Для характеристики популяційних процесів мишоподібних гризунів на досліджуваних територіях були проаналізовані наступні параметри: щільність популяцій, співвідношення статей та вікових груп, показники плодючості тварин. На підставі отриманих результатів варто зазначити, що, у порівнянні із середньою щільністю популяції *A.flavicollis*, протягом вегетаційних сезонів 2011-2013 рр. на всіх територіях дослідження домінує *M.glareolus*, але частка популяцій обох видів у населенні забрудненого району нижча, ніж у фонових умовах (майже в 3 рази, $p<0,05$). Виявлено, що найбільш показовим параметром стабільності природних популяцій мишоподібних гризунів є їх весняна щільність, яка зафіксована після зимівлі тварин і відображає стан популяцій гризунів перед репродуктивним періодом. Зокрема, навесні в популяції рудої нориці відбувається достовірне зниження щільності в районі впливу Трипільської ТЕС (в 2 рази, $p<0,05$), у порівнянні з Канівським природним заповідником. Тоді як статистично значимих відмінностей у весняній щільності жовтогорлої миші з досліджуваних територій відмічено не було.

Встановлено, що сезонні зміни у співвідношенні статей *A.flavicollis* та *M.glareolus* на трьох територіях дослідження майже однакові, відмінність

зафіксована тільки навесні: для популяцій жовтогорлої миші характерне зміщення статей в бік переважання самиць (на 38%), тоді як для популяцій рудої нориці – в бік переважання самців (на 23%). Влітку в популяціях обох видів гризунів на території Канівського природного заповідника переважають самиці (на 40% у *A.flavicollis*; на 32% у *M.glareolus*), в НПП «Голосіївський» – навпаки, домінують самці (на 14% у *A.flavicollis*; на 26% у *M.glareolus*), тоді як в районі впливу Трипільської ТЕС співвідношення статей вирівнюється і складає 1:1. Восени співвідношення статей гризунів зміщено в бік переважання самиць: у фонових умовах – на 96% у *A.flavicollis*; на 78% у *M.glareolus*; в НПП «Голосіївський» – на 52% та 44% відповідно; на забрудненій території – на 94% в обох видів. Можливо, переважання самиць влітку та восени, в основному, пов'язане із активним періодом розмноження, сприятливими кормовими ресурсами, підвищеною руховою активністю, яка спричинює частіше потрапляння цієї статті у пастки лову. У свою чергу, різке зменшення кількості самців може призводити до суттєвого зниження рівня відтворення (тобто, показників плодючості) популяцій гризунів.

Оскільки лише для самиць можливо встановити екологічний вік за морфометричними показниками та розвитком репродуктивних органів, тому при дослідженні вікової структури всіх самиць жовтогорлої миші та рудої нориці було розділено на три групи: дорослі самиці, які розмножувалися (*ad*), статевозрілі самиці з розвиненою репродуктивною системою, які ще не брали участі у розмноженні (*sad*) та ювенільні (*juv*). Навесні на заповідній території частка самиць *A.flavicollis* віку *ad* складала 75%, самиць віку *sad* – 25% (у *M.glareolus* – 82% та 18% відповідно); в НПП «Голосіївський» частка самиць *A.flavicollis* віку *ad* становила 80%, віку *sad* – 20% (у *M.glareolus* – 100% самиць віку *ad*); в умовах впливу Трипільської ТЕС частка самиць *A.flavicollis* віку *ad* складала 100% (у *M.glareolus* – 86% самиць віку *ad*; 14% самиць віку *sad*). Тобто на всіх територіях дослідження навесні домінували самиці віку *ad*, причому в районі впливу Трипільської ТЕС спостерігалось абсолютне домінування цих самиць у жовтогорлої миші. Влітку на трьох територіях дослідження виявлені тільки самиці віку *ad* в обох видів (100%). Ймовірно, в цей період розпочинається активне розмноження у гризунів. Восени для територій дослідження характерне домінування статевозрілих самиць *A.flavicollis* та *M.glareolus* (59% та 69% відповідно), які ще не брали участі у розмноженні; дорослі самиці, які розмножувалися, стають субдомінантами (22% та 19%); також з'являються нестатевозрілі *juv* самиці (у *A.flavicollis* – 19%; у *M.glareolus* – 12%). Можливо, поява ювенільних особин пов'язана з активним літнім розмноженням, – тобто, до початку осені з'являються молоді особини.

Аналіз плодючості у тварин показав, що на території Канівського природного заповідника протягом вегетаційних сезонів 2011-2013 рр. особини жовтогорлої миші та рудої нориці характеризувалися максимальними розмірами виводків, тоді як мінімальні розміри виводків були відзначені в особин з району впливу Трипільської ТЕС. На жодній території дослідження не було відзначено самиць *A.flavicollis* та *M.glareolus*, які б мали плацентарні плями навесні, – тобто, можна припустити, що після зимового періоду вони ще не розмножувалися. Тоді як

восени на заповідній та забрудненій територіях не були відмічені самиці мишоподібних гризунів з ознаками вагітності, що можна пояснити закінченням сезону розмноження. Поодинокі випадки осіннього розмноження відзначені тільки в популяції *A.flavicollis* на території НПП «Голосіївський», проте їх відсоток невеликий – 2%. Відмічено, що за весь період дослідження резорбція ембріонів в умовах впливу Трипільської ТЕС в *A.flavicollis* спостерігалась у 22% особин, в *M.glareolus* – у 18% особин, тоді як на території Канівського природного заповідника – у 2% особин обох видів гризунів. Можливо, зниження плодючості на забрудненій території викликане, перш за все, резорбцією ембріонів. Очевидно, це один із механізмів пристосування мишоподібних гризунів до дії токсикантів.

Оскільки антропогенне забруднення довкілля важкими металами безпосередньо впливає на живі організми й здатне, в істотній мірі, змінити як морфофізіологічні, так і анатомо-фізіологічні особливості особин, що може стимулювати утворення нових пристосувань у тварин. Тому для дослідження таких особливостей були проаналізовані морфофізіологічні та анатомо-фізіологічні параметри мишоподібних гризунів. Показано, що в забруднених та фонових умовах спостерігаються істотні відмінності у сезонній динаміці екстер'єрних та інтер'єрних параметрів *A.flavicollis* та *M.glareolus*. Природні популяції мишоподібних гризунів, які мешкають в районі впливу Трипільської ТЕС, у порівнянні із заповідною територією, характеризуються більш високим рівнем метаболізму, підвищеною руховою активністю, мобілізацією внутрішніх резервів, напруженістю репродуктивних процесів, що проявляється у суттєвому скороченні плодючості. Аналіз інтер'єрних та екстер'єрних параметрів самців та самиць *A.flavicollis* та *M.glareolus* показав, що у обох видів із забрудненого району, у порівнянні з фоновими умовами, збільшуються морфофізіологічні параметри (середні показники довжини та маси тіла; довжини хвоста та ступні; висоти вуха тільки у жовтогорлої миші) на 3-8%. Також в умовах впливу Трипільської ТЕС у *A.flavicollis* та *M.glareolus*, в порівнянні з Канівським природним заповідником, зростають деякі анатомо-фізіологічні параметри (показники відносної маси печінки, нирок, наднирників, селезінки, серця) на 12-18%, проте інші параметри (зокрема, індекс вгодованості, гепатосупраренальний коефіцієнт, відносні розміри легень та сім'яників) зменшуються на 10-17%. Слід зазначити, що найбільша мінливість зазначених параметрів у *A.flavicollis* та *M.glareolus* відмічена восени. Тоді як навесні та влітку загальний фізіологічний стан організму *A.flavicollis* та *M.glareolus* в умовах впливу Трипільської ТЕС був оптимальним, що, очевидно, пов'язано з активізацією процесів розмноження у гризунів та зростанні їх щільності.

Характер морфофізіологічних та анатомо-фізіологічних змін в організмі гризунів демонструє залежність зареєстрованих параметрів від віку тварин. Для самиць мишоподібних гризунів, які активно брали участь у розмноженні (*ad*), характерне погіршення загального фізіологічного стану організму, що, ймовірно, зумовлене більш тривалим їх мешканням в умовах впливу Трипільської ТЕС.

Отже, антропогенне забруднення довкілля важкими металами спричинює комплексні зміни морфофізіологічних та анатомо-фізіологічних параметрів організму, які відображують дезінтеграцію метаболічних процесів з ознаками

еколого-фізіологічного стресу в результаті виснаження енергетичних ресурсів організму гризунів.

Звідси випливає, що для природних популяцій мишоподібних гризунів з району впливу Трипільської ТЕС протягом вегетаційних сезонів 2011-2013 рр., у порівнянні з Канівським природним заповідником, характерне істотне утворення продуктів ПОЛ у печінці. Тобто, можна припустити, що в умовах впливу Трипільської ТЕС впродовж досліджених вегетаційних періодів у результаті інтоксикації важкими металами тканини печінки *A.flavicollis* та *M.glareolus* інтенсивно накопичують продукти ПОЛ, що може призводити до виникнення значних порушень структури цього органу. Як результат, зростання концентрації дієнових кон'югатів, ТБК-активних продуктів, шифових основ навесні, влітку та восени, спричинене інтенсивним акумулюванням досліджених важких металів у печінці *A.flavicollis* і *M.glareolus* та достовірним збільшенням відносної маси цього органу, яке свідчить про підвищення рівня інтенсивності метаболізму в організмі гризунів та, можливо, процесів детоксикації. Оскільки нами було встановлено вище, що природні популяції мишоподібних гризунів, які мешкають в районі впливу Трипільської ТЕС, у порівнянні із заповідною територією, характеризуються мобілізацією внутрішніх резервів та напруженістю репродуктивних процесів, що проявляється у суттєвому скороченні плодючості. Тому, ймовірно, потрапляючи до організму, важкі метали призводять до виникнення оксидативного стресу, який запускає сукупність взаємозалежних паталогічних реакцій, що може призводити до пошкодження тканин.

Висновки. Антропогенне забруднення довкілля важкими металами спричинює комплексні зміни не лише популяційних, морфофізіологічних, анатомо-фізіологічних параметрів, а й біохімічних показників організму, які проявляються у зростанні концентрації продуктів ПОЛ у тканинах печінки гризунів. Можливо, ці зміни відображають загальну інтенсифікацію метаболізму з ознаками як еколого-фізіологічного, так і еколого-біохімічного стресу та мобілізацію захисних систем організму мишоподібних гризунів.