

УДК 595.142+591.55:621,315.17

ЗАГАЛЬНІ РЕАКЦІЇ УГРУПОВАНЬ ХОРТОБІОНТНИХ ПАВУКІВ (ARACHNIDA: ARANEI) НА ХРОНІЧНИЙ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИЙ СТРЕС

Рошко В.В., Прокопенко О.В., Рошко В.Г.

Загальні реакції угруповань хортобіонтних павуків (Arachnida: Aranei) на хронічний електромагнітний стрес. – В.В. Рошко¹, О.В. Прокопенко², В.Г. Рошко¹ – Проаналізовано вплив електромагнітного поля ліній електропередач високої напруги на угруповання павуків-хортобіонтів. Виявлено, що павуки є чутливими до електромагнітного поля ліній електропередач. Підвищення напруженості електромагнітного поля викликає зниження загальної чисельності, видового і таксономічного багатства угруповань павуків.

Ключові слова: хортобіонтні павуки, угруповання, електромагнітне поле.

Адреси: ¹ Ужгородський національний університет, вул. А.Волошина 32, м. Ужгород, 88000; ² Донецький національний університет, вул. Щорса, 46, м. Донецьк, 83050.

General reactions of chortobiont spiders (Arachnida: Aranei) on the chronic electromagnetic stress. – V.V. Roshko¹, O.V. Prokopenko², V.H. Roshko¹ – The influence of the electromagnetic field of the high voltage power lines on the communities of chortobiont spiders was analyzed. It was discovered that spiders are sensitive to the electromagnetic field of the high voltage power lines. The raising of the tension of the electromagnetic field causes the reduction of the total number, species and taxonomic richness of spider communities.

Keywords: chortobiont spiders, communities, electromagnetic field.

Address: ¹ Uzhgorod National University, Voloshyn str. 32, Uzhgorod, 88000, Ukraine; ² Donetsk national university, Schorsa str. 46, Donetsk, 83050.

Вступ

У змісті збереження біорізноманіття важливо реально оцінювати антропоічні впливи з позиції їх екологічних наслідків на біологічні угруповання. Адже останні у складі природних екосистем виступають структурними і функціональними одиницями біоти. Будучи продуктом еволюції у специфічних екологічних умовах, біологічне угруповання відзначається визначеним складом популяцій, специфічним їх кількісним співвідношенням та відповідним рівнем стійкості. Без сумніву, природні екосистеми постійно реагують на дистурбанції різної природи стабілізаційними відповідями групи. І загалом, стійкість виявляється не статичною, а динамічною, у змісті постійних реакцій угруповання, спрямованих на врівноваження своєї структури. Але тут важливо оцінити ті межі, або ж ті можливості, за якими вже наступають незворотні процеси деградації екосистеми через збіднення біологічного угруповання і порушення екологічних взаємозв'язків у трофічній мережі. Оцінка стану біологічного угруповання в умовах хронічного антропоічного впливу дозволяє виявити

характер та особливості дії фактору штучної природи, яким в нашому випадку виступає електромагнітне поле (ЕМП) ліній електропередач (ЛЕП) високої напруги промислової частоти. У цій площині ми робимо спробу виявити основні, загальні реакції тваринних угруповань на хронічний електромагнітний стрес [7]. Та найперше, необхідно дати відповідь на принципове питання: чи впливає досліджуваний антропоічний фактор на біорізноманіття, а якщо впливає, то як?

Коректна постановка досліджень вимагає аналізу реакції біологічного угруповання, як структурно-функціональної одиниці біоти. Лише об'єктивні якісні та кількісні зміни групи можуть слугувати достовірною реакцією на вплив електромагнітного поля ліній електропередач високої напруги. Надійними показниками екологічного впливу можуть виступати якісні та кількісні зміни параметрів угруповання, що дозволять виявити причинно-наслідковий зв'язок між впливом ЕМП на біоту і відгуком біоти. Вибраний нами об'єкт дослідження – це павуки-хортобіонти, як типові представники будь-яких

природних та порушених екосистем помірної зони. Ця група членистоногих відзначається невисокою руховою активністю, значною чисельністю, видовою і екологічною різноманітністю, зручністю обліку кількісними методами та в повній мірі відповідає основним вимогам, що ставляться до об'єктів-індикаторів. В зазначеному ракурсі населення хортобіонтних араней, як відносно дискретний біотичний комплекс, є зручною моделлю для дослідження загальних тенденцій формування та динаміки угруповань і може успішно використовуватися для біоіндикаційних і прогностичних завдань. Поряд з цим, слід відзначити низький екрануючий ефект трав'янистої рослинності на хортобіонтів. Останнє дозволяє оцінювати електромагнітне поле ЛЕП як чітко виражений фактор впливу з можливістю його інструментального контролю. Ці особливості дозволяють об'єктивно оцінювати реакції угруповання на хронічний електромагнітний стрес через аналіз динаміки якісно-кількісних показників, які ми виявляли для угруповань хортобіонтних павуків в умовах активного впливу ЛЕП напругою 750 кВ.

Матеріали та методи досліджень

Загальні реакції угруповань хортобіонтних павуків (Arachnida: Aranei) на хронічний електромагнітний стрес ми вивчали в умовах польового експерименту в зоні дії ЛЕП напругою 750 кВ (околиці с.Ірлява), що в Ужгородському районі Закарпатської області.

Стаціонарні дослідні ділянки були закладені на мезофільних рівнинних сінокісних луках Закарпатської низовини. Вони характеризуються як вторинні рослинні угруповання, сформовані на порушених екоотопах зі змінним гідрорежимом і відзначаються доволі високим ступенем синантропізації. Діапазон флористичного видового багатства тут визначається ступенем антропоїзації та інтенсивністю періодичного випасу великої рогатої худоби, а літній флористичний аспект угруповань покритонасінних рослин складає в середньому від 46 до 74 видів. Загалом, дослідні ділянки в достатній мірі задовольняють репрезентативність головних параметрів мало- і середньо порушених низинних лук Закарпатської низовини. Рельєф ділянок однорідний з однорідною рослинністю, що дозволяє нівелювати сукупність побічних (супутніх) екологічних факторів впливу на досліджувані компоненти екосистем і виділити електромагнітне поле як чітко виражений первинний фактор.

Відбір проб здійснювався у літньо-осінній період 2012 року за стандартною просторово-ділянковою схемою. Остання передбачала контрольні покоси (100 помахів ентомологічним сачком) на віддаль 0м (безпосередньо під дротами), 50м, 100м, 150м, 200м від ЛЕП. Вказані

віддалі підібрані нами довільно, але з урахуванням можливості аналізу дії різної напруженості електромагнітного поля ліній електропередач на живі компоненти екосистем (градієнт напруженості знижується від ЛЕП до контролю). Віддаль у 200 м від ЛЕП служила умовним контролем, оскільки тут виявляються лише фонові значення електромагнітного поля.

Для обліку павуків – мешканців травостою застосували метод контрольних покосів, який дозволяє проаналізувати хортобіонтів на стандартних площах. Збір, фіксацію та збереження матеріалу проводили згідно з прийнятими у арахнології та ентомології методиками [10,11,13]. Загалом було здійснено 25 покосів, в яких виявлено 2262 особини павуків, що систематично відносяться до 38 видів, 31 роду і 13 родин. Оцінка чисельності павуків здійснена на основі шкали домінування Штекера-Бергмана [14].

Результати та їх обговорення

Виявлення загальних реакцій угруповань хортобіонтних павуків на хронічний електромагнітний стрес здійснювалось на порушених суходільних лучних екосистемах в зоні активної дії ЛЕП-750 кВ. Угруповання павуків ми аналізували вздовж електромагнітного градієнту, облікуючи їх на довільно обраних віддаль від ЛЕП: 0м (в місці найнижчого провисання дротів), 50м, 100м, 150м і 200м. Таким чином виділяються ділянки з різною напруженістю електромагнітного поля, градієнт якого знижується від ЛЕП до умовного контролю.

Для коректної постановки питання і об'єктивної оцінки впливу досліджуваного екологічного фактора на біологічні об'єкти, необхідно виявити ступінь залежності біологічної групи (павуків) від ЕМП ЛЕП. З цієї позиції важливо виявити: чи павуки, як консументи другого порядку реагують на ЕМП ЛЕП високої напруги, чи опосередковано на зменшення біомаси продуцентів? Адже останні, знаходячись (зростаючи) в зоні дії ЛЕП, достовірно реагують на електромагнітне поле, генероване високовольними лініями. І наші попередні дослідження дозволяють стверджувати про пригнічення ростових процесів покритонасінних рослин під дією ЕМП ЛЕП [5,12]. В нашому випадку, для виявлення корелятивних зв'язків, логічно проаналізувати ступінь змін біологічної продукції на електромагнітному градієнті для продуцентів та консументів. Надземна фітомаса на дослідній ділянці змінюється під впливом ЕМП ЛЕП високої напруги від $m=235,8 \text{ г/м}^2$ в умовному контролі до $m=116,8 \text{ г/м}^2$ в місці найнижчого провисання дротів ЛЕП ($n=10$). Найпростіший підхід для оцінки ступеню залежності надземної фітомаси від електромагнітного поля ЛЕП – використання кореляційного відношення. Його ми

виражаємо як частку кількісного показника групи, облікованого в зоні найвищої напруженості електромагнітного поля ЛЕП (в місці найнижчого провисання дротів) до показника в зоні фонових значень ЕМП (умовний контроль на віддалі 200 м від ЛЕП), вираженого у відсотках. Отже, для надземної фітомаси рослин в зоні дії ЛЕП напругою 750 кВ ступінь кореляції становить 49,5%. Чисельність хортобіонтних павуків на дослідній ділянці змінюється під впливом електромагнітного поля ЛЕП високої напруги від $m=114,0$ екз./контр.покос в умовному контролі до $m=65,4$ екз./контр.покос в місці найнижчого провисання дротів ЛЕП ($n=10$). Ступінь кореляції чисельності павуків до напруженості електромагнітного поля ЛЕП напругою 750 кВ становить 57,4%. Проведений аналіз наочно свідчить на користь безпосереднього впливу електромагнітного поля ЛЕП високої напруги на угруповання хортобіонтних павуків. Бо кореляційне відношення для покритонасінних рослин у складі травостою дослідної ділянки і павуків – мешканців цього травостою вище на 7,9% для членистоногих-консументів. Отримані результати виявляють чітку і закономірну картину реакції угруповань павуків на досліджуваний екологічний фактор – електромагнітне поле ЛЕП.

Природні угруповання павуків, сформовані в умовах відкритого ландшафту Закарпатської низовини, зазнають на дослідних ділянках нетипового антропогенного впливу. Цей вплив у сотні разів потужніший за природний електромагнітний фон, що за логікою речей повинні відбиватися на стані угруповання [4,6]. Аналіз просторового розподілу павуків в зоні активної дії ЛЕП-750 кВ виявив наступну закономірність. В умовах хронічного електромагнітного стресу природні (достресові) угруповання перебудовуються, змінюючи якісну та кількісну структуру групи. На електромагнітному градієнті формується послідовний ряд стресових угруповань за еоклінальним типом. Неперервність континуальної організації вторинних угруповань павуків забезпечується поступовим наростанням напруженості електромагнітного поля у міру наближення до ЛЕП. Обліки на стандартних віддальх, де вплив поля стабільно фіксований, дозволяють нам виділити відносно дискретні трансформовані угруповання павуків-хортобіонтів.

Аналіз реакцій угруповань хортобіонтних павуків в умовах хронічного електромагнітного стресу дозволив виявити загальні особливості їх адаптивних трансформацій. Осінній фауністичний аспект араней, мешканців травостою дослідної лучної ділянки, представлений 38 видами. Динаміка кількісних змін на електромагнітному градієнті наочно демонструє зменшення загальної чисельності особин у міру наближення до ЛЕП. Загальний вектор трансформації визначає чітке

зменшення сумарної чисельності павуків із підвищенням рівня напруженості електромагнітного поля ЛЕП. Чисельність їх під лінією виявилась на 42,6% нижчою ніж в умовному контролі (200 м від ЛЕП). Така суттєва різниця кількісного показника є переконливим свідченням значного негативного впливу електромагнітного поля на хортобіонтних араней. В послідовному ряду чисельності угруповань, інтенсивність перепадів сумарної кількості особин на лініях обліку виявилась наростаючою від 0 м до 150 м. Від 0 м до 50 м чисельність павуків збільшується у 1,1 рази, від 50 м до 100 м – у 1,2 рази, а від 100 м до 150 м – у 1,3 рази. Показники чисельності угруповань на облікованих віддальх 150 і 200 м практично однакові (виходять на плато) і свідчать про відсутність тут негативного ефекту електромагнітного поля ЛЕП.

Осінній фауністичний аспект, поряд із специфічним видовим складом павуків, визначає і значну частку ювенільних особин в зборах. Логічним доповненням просторового розподілу є аналіз в площині розподілу вікових груп. Виявлена нами загальна закономірність в повній мірі підтверджується характером розподілу ювенільних особин, які також зменшують свою чисельність у міру наближення до ЛЕП. Їх частка на кожній із облікованих нами віддалей складала в середньому 84,2% від загальної чисельності угруповання араней при незначній варіації показника на всьому спектрі віддалей ($\min.=80,5\%$, $\max.=86,3\%$). Чисельність нестатевозрілих особин під лінією електропередач була на 41,7% нижчою, ніж на умовному контролі. Це значить, що як дорослі, так і ювенільні особини хортобіонтних павуків однаково реагують на електромагнітне поле ЛЕП високої напруги. Інтенсивність змін чисельності обох вікових груп на дію досліджуваного екологічного фактора виявилась практично однаковою. Таке твердження може базуватись на незаперечній генетичній обумовленості адаптивних реакцій павуків до хронічного електромагнітного стресу.

Хортобіонтні павуки в умовах високої напруженості електромагнітного поля перебувають не тимчасово, а постійно. Як видно з наших обліків на п'яти стандартних віддальх від ЛЕП, тут вони не тільки періодично полюють, але й розмножуються. І це на відміну від організмів з високою руховою активністю, що в пошуках їжі здатні до короткочасних міграцій в зони екологічного екстремуму, де вони активно не розмножуються [8].

Поряд з цим важливо оцінити якісні трансформації угруповань павуків, мешканців травостою, на електромагнітне поле ЛЕП високої напруги. Фауна павуків досліджуваної лучної екосистеми загалом складала 38 видів. Але окремі

угруповання на облікованих нами віддаль від ЛЕП репрезентували значно нижчий рівень видового багатства – від 26 до 29 видів. Розмах варіабельності показника виявився низьким, що й відбивається на змісті якісних трансформацій угруповань араней. Видове багатство на зміни напруженості електромагнітного поля у такій чітко вираженій формі, як загальна чисельність, не реагує. Загалом проявляється тенденція до зменшення кількості видів із підвищенням інтенсивності впливу фактора, але не на всіх облікованих віддаль від ЛЕП. Виняток тут становить облікована віддаль 0 м, де за рахунок ювенільних особин субрецентних і рецентних видів, видове багатство виявилось відносно високим і складало 29 одиниць. Чистота досліду тут виявилась трохи порушеною за рахунок вкраплення чагарникової рослинності безпосередньо під ЛЕП. Якісний аналіз екологічної реакції досліджуваного таксону підтверджує виявлений нами генеральний тренд про кількісне і якісне збіднення угруповань під впливом зростання напруженості електромагнітного поля ЛЕП. Рівень таксономічного багатства [1,2,3], що ілюструє ступінь організованості угруповання, для комплексів араней з різних віддалей від ЛЕП змінюється в межах від 58 до 68 біт. В загальному, таксономічне багатство зменшується із зростанням напруженості поля. Такі якісні відмінності, як таксономічне багатство угруповань на різній віддалі від ЛЕП, слугують додатковим надійним аргументом про формування трансформованих вторинних (стресових) угруповань в зонах з різною напруженістю електромагнітного поля.

Оперуючи базовими показниками угруповань павуків в зоні дії ЛЕП-750 кВ, ми можемо об'єктивно оцінити толерантність досліджуваного таксону до електромагнітного поля високої напруги. Запропонована нами формула розрахунку індексу толерантності угруповань [9] дозволяє оперувати обома важливішими параметрами групи надвидового рангу: чисельністю або рясністю та видовим багатством. Індекс толерантності (I_t), виражений як добуток відношення кількості особин, облікованих в зоні найвищої напруженості ЕМП (під ЛЕП), до кількості особин, облікованих в зоні фонових значень ЕМП (умовний контроль) на відношення видового багатства в зоні найвищої напруженості до видового багатства в контролі:

$$I_t = \frac{N_0}{N_K} \times \frac{S_0}{S_K},$$

де N_0 – кількість особин, облікованих в зоні найвищої напруженості ЕМП ЛЕП (в місці найнижчого провисання дротів), N_K – кількість особин, облікованих в зоні фонових значень ЕМП (200 м від ЛЕП), S_0 – видове багатство в зоні найвищої напруженості ЕМП ЛЕП (в місці

найнижчого провисання дротів), S_K – видове багатство в зоні фонових значень ЕМП (200 м від ЛЕП). З одного боку – ми враховуємо чисельність або щільність особин в стресових умовах, порівняно з контрольною ділянкою, а з іншого – враховуємо показник видового багатства, як значимий екологічний критерій оцінки антропогенних впливів. Виходячи з формули, за ідеальних умов, коли антропогенний фактор не викликає якісних та кількісних змін угруповання, індекс толерантності дорівнюватиме одиниці. А будь-які негативні впливи закономірно змінюють структуру угруповання, позначаючись на його якісних та кількісних параметрах. Відповідно, з підвищенням інтенсивності дії антропогенного фактору, показник індексу толерантності буде знижуватись. Розрахунки виявили високу чутливість хортобіонтних павуків до електромагнітного поля ЛЕП. Індекс толерантності для них становить лише 0,57 біт.

Зазначена чутливість досліджуваного таксону до електромагнітного поля проявляється і в інших аспектах структурно-функціонального стану угруповання. Низька толерантність проявляє себе не лише змінами видового багатства на електромагнітному градієнті, але й змінами чисельності окремих видів у складі угруповань араней на різних віддаль від ЛЕП. Такі динамічні зміни важливі у сегменті видів, що відзначаються високою чисельністю. Бо характер чисельності всіх членів угруповання детермінує показник стійкості угруповання. Важливим критерієм функціонального стану угруповання виступає показник домінування. В практиці екологічного аналізу він часто називається індексом домінування або ступенем домінування і виражається як відсоток еудомінантів та домінантів від сумарної чисельності угруповання. Цей показник для хортобіонтних павуків в умовах хронічної дії електромагнітного поля ЛЕП напругою 750 кВ виявився високим на всьому спектрі аналізованих віддалей – min.=93,5%, max.=97,1%. В цілому, в наших дослідженнях витримується загальна тенденція до підвищення показника домінування із збільшенням напруженості електромагнітного поля при незначному розмаху варіабельності аналізованого параметра. Зазначене свідчить про порушення структурно-функціональних потенцій угруповань павуків в зоні дії ЛЕП високої напруги, що в результаті знижує стійкість групи.

Загальний характер розподілу чисельності павуків-хортобіонтів на різних віддаль від ЛЕП підпорядкований обернено кореляційній залежності – з підвищенням напруженості електромагнітного поля, кількісний показник зменшується. В розрізі окремих видів, на дорослій стадії лише *Ebrechtella tricuspидata* (Fabricius, 1775) збільшує свою чисельність із зростанням напруженості поля. За такою ж схемою

розподіляються і молоді особини *Agalenatea redii* (Scopoli, 1763), *Tmarus piger* (Walckenaer, 1802), *Pisaura sp.*, *Ebrechtella sp.* Таке, зовнішньо суперечливе явище, спостерігається як результат зменшення конкурентного тиску в зоні екологічного екстремуму.

Висновки

Адаптивна стратегія угруповань хортобіонтних павуків на хронічний електромагнітний стрес, викликаний ЛЕП високої напруги, полягає у структурній перебудові групи під дією екологічного фактора. Павуки виявилися чутливими до електромагнітного поля ЛЕП і реагують зменшенням чисельності як дорослих, так і ювенільних форм на підвищення

напруженості поля. В умовах хронічного електромагнітного стресу природні (достресові) угруповання перебудовуються, змінюючи якісну та кількісну структуру групи. На електромагнітному градієнті формується послідовний ряд стресових угруповань за екоклінальним типом. Для угруповань павуків-хортобіонтів характерна загальна тенденція до зниження чисельності, видового і таксономічного багатства з підвищенням напруженості електромагнітного поля ЛЕП високої напруги. Показник домінування, як критерій функціонального стану угруповання підвищується, із збільшенням напруженості електромагнітного поля при незначному розмаху варіабельності аналізованого параметра.

1. Емельянов И.Г., Загороднюк И.В., Хоменко В.Н. Таксономическая структура и сложность биотических сообществ // Экология та ноосферология. – 1999. – Том 8, № 4. – С. 6-18.
2. Емельянов И.Г., Загороднюк И.В. Таксономическое разнообразие фаунистических комплексов и стратегия сохранения генофонда животного мира // Проблемы изучения и сохранения биологического разнообразия. Фрунзе: Илим, 1990. – С. 45-46.
3. Загороднюк И.В., Емельянов И.Г., Хоменко В.Н. Оценка таксономического разнообразия фаунистических комплексов // Доповіді НАН України. – 1995. – № 7 (Сер. Математика, Природознавство, Технічні науки). – С. 145-148.
4. Крон А.А., Волошин О.І., Меламуд В.В., Рошко В.Г. Загальний характер впливу електромагнітного поля ліній електропередач високої напруги на ґрунтових кліщів (Arachnida, Acarina) // Науковий вісник Ужгородського університету, серія Біологія. – Ужгород. – 2008. – Вип. 23. – С. 174-179.
5. Крон А.А., Рошко В.Г. Влияние электромагнитного поля линий электропередач высокого напряжения на пространственное распределение насекомых // Труды Ставропольского отделения Русского энтомологического общества. Вып. 4: материалы Международной научно-практической конференции. – Ставрополь: АГРУС, 2008. – С. 208-211.
6. Крон А.А., Рошко В.Г., Власенко Р.П., Онищук І.П. Угруповання дощових черв'яків (Oligochaeta, Lumbricidae) в умовах хронічного електромагнітного стресу // Науковий вісник Ужгородського університету, серія Біологія. – Ужгород. – 2010. – Вип. 27. – С. 13-17.
7. Пресман А.С. Электромагнитные поля в биосфере. – М.: Знание, 1971. – 63 с.
8. Рошко В., Крон А. Зміни угруповань дрібних ссавців (Micro mammalia) в умовах хронічного електромагнітного стресу // Моніторинг і діагностика ссавців: Праці Теріологічної школи. – Луганськ, 2009. – Вип. 10. – С. 111-118.
9. Рошко В.Г., Крон А.А. Реакції окремих груп педобіонтів на хронічний електромагнітний стрес // Науковий вісник Ужгородського університету, серія Біологія, 29. – Ужгород. – 2010. – С. 65-74.
10. Тихомирова А.Л. Учет начальных беспозвоночных // Методы почвенно-зоологических исследований. – М.: Наука, 1975. – С.73-85.
11. Фасулати К. К. Полевое изучение наземных беспозвоночных. – Москва: Высшая школа, 1971. – 237 с.
12. Kron A.A., Voloshyn O.I., Roshko V.H. Response of some groups of Arthropoda to electromagnetic field effect of high-voltage power transmission lines // Landscape Architecture and Spatial Planning as the Basic Element in the Protection of Native Species. – Tuczno (Poland), 2007. – P. 108-113.
13. Dunger W., Friedler H.J. Methoden der bodenbiologie. – Stuttgart, New York: Gustav Fiescher Verlag, 1989. – 432 s.
14. Stöcker G., Bergmann A. Ein Modell der Dominanzstruktur und seine Anwendung. 1. Modellbildung, Modellrealisierung, Dominanzklassen // Arch. Naturschutz u. Landschaftsforschung. – 1997. – №17 (1). – S. 1-26.

Отримано: 10 квітня 2012 р.

Прийнято до друку: 12 листопада 2012 р.