

А. А. Крон – співробітник зоологічного музею Ужгородського національного університету;
В. Г. Рошко – кандидат біологічних наук, доцент, завідувач кафедри ентомології та збереження біорізноманіття Ужгородського національного університету;
Р. П. Власенко – кандидат біологічних наук, доцент кафедри зоології Житомирського державного університету імені Івана Франка;
І. П. Онищук – кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології Житомирського державного університету імені Івана Франка

Базові реакції угруповань лумбріцид (*Oligochaeta*, *Lumbricidae*) на хронічний електромагнітний стрес

Роботу виконано на кафедрі ентомології та збереження біорізноманіття ДВНЗ «УжНУ»

За умови недостатності відомостей про вплив електромагнітного поля на біорізноманіття ми провели дослідження щодо виявлення загальних реакцій угруповань дощових черв'яків на хронічний електромагнітний стрес. Завдання полягало у вивченні характеру якісних та кількісних змін параметрів групи під впливом електромагнітного поля ліній електропередач. Експеримент проводився в зоні дії ЛЕП напругою 400 і 750 кВ. Проаналізовано 3756 екземплярів лумбріцид із ґрунтових проб, відібраних на відстанях: 0 м, 50 м, 100 м, 150 м, 200 м від ліній електропередач. В умовах хронічного впливу електромагнітного поля ліній електропередач відбувається перерозподіл первинного угруповання лумбріцид на комплекс нових угруповань за електромагнітним градієнтом. На різних відстанях від ЛЕП формуються відносно стабільні вторинні угруповання лумбріцид. Підвищення напруженості електромагнітного поля викликає зниження чисельності, щільності, таксономічного різноманіття, індексів різноманіття, показників домінування та вирівняності угруповань лумбріцид.

Ключові слова: електромагнітне поле, дощові черви, індекси різноманіття, кореляція.

Крон А. А., Рошко В. Г., Власенко Р. П., Онищук І. П. Базовые реакции сообществ лумбрицид (*Oligochaeta*, *Lumbricidae*) на хронический электромагнитный стресс. При условии недостаточности сведений о влиянии электромагнитного поля на биоразнообразие мы провели исследования по выявлению общих реакций сообществ дождевых червей на хронический электромагнитный стресс. Задание заключалось в изучении характера качественных и количественных изменений параметров группы под воздействием электромагнитного поля линий электропередач. Эксперимент проводился в зоне действия ЛЭП напряжением 400 и 750 кВ. Проанализировано 3756 экземпляров лумбрицид из почвенных проб, отобранных на расстояниях: 0 м, 50 м, 100 м, 150 м, 200 м от линий электропередач. В условиях хронического влияния электромагнитного поля линий электропередач происходит перераспределение первичного сообщества лумбрицид на комплекс новых сообществ вдоль электромагнитного градиента. На разных расстояниях от ЛЭП формируются относительно стабильные вторичные сообщества лумбрицид. Повышение напряженности электромагнитного поля вызывает снижение численности, плотности, таксономического разнообразия, индексов разнообразия, показателей доминирования и выравнивания сообществ лумбрицид.

Ключевые слова: электромагнитное поле, дождевые черви, индексы разнообразия, корреляция.

Kron A. A., Roshko V. H., Vlasenko R. P., Onischuk I. P. Basic Reactions Communities Earthworms (*Oligochaeta*, *Lumbricidae*) on Chronic of electromagnetic stress. If insufficient information about the effects of electromagnetic fields on biological diversity, we conducted a study to reactions identify common groups of earthworms on chronic electromagnetic stress. The objective was to study the nature of qualitative and quantitative changes in the parameters group under the influence of electromagnetic fields of transmission lines. The experiment was conducted in the area of power transmission lines with voltage 400 and 750 kV. It has been analyzed 3756 specimens earthworms from soil samples taken at a distance: 0 m, 50 m, 100 m, 150 m, 200 m from power lines. In the chronic electromagnetic effect of power transmission lines there is a redistribution of primary groups lumbritsyd on complex new groups by electromagnetic gradient. At different distances from power lines are formed relatively stable secondary grouping lumbritsyd. Enhancement of tensive electromagnetic field causes a decrease in the total number, biomass, abundance (density), taxonomic diversity, indices of diversity, dominance and complexity earthworms

communities. Enhancement of tensive electromagnetic field causes a decrease in the number, density, taxonomic diversity, indices of diversity, dominance and equalization (uniformity) earthworms communities.

Key words: electromagnetic field, earthworms, diversity indices, correlation.

Постановка наукової проблеми та її значення. Біологічні угруповання у складі природних екосистем виступають структурними і функціональними одиницями біоти. Як результат еволюції групи 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. Для будь-якої екосистеми існують межі толерантності. Вони закладені еколого-еволюційними передумовами і є продуктом тривалого генезису групи у визначених умовах конкретного географічного середовища. Але ми нічого не можемо сказати про межі толерантності природних екосистем на впливи антропоїчної природи, які активно з'являються в результаті різнопланової діяльності людини. Дія нових факторів штучного походження відзначається ще й широким спектром сили (потужності), що також ставить до екосистем надзвичайно високі вимоги стійкості. Зазнаючи інтенсивного, нетипового антропоїчного впливу, екосистемі може не вистачити резерву внутрішньої енергії і упорядкованості, через що настає її деградація. Потужні антропоїчні впливи можуть призвести і до спрощення організації біологічного угруповання, через випадання біологічних компонентів – популяцій та перерозподіл чисельності компонентів. Якісні та кількісні зміни складу угруповань є свідченням змін, викликаних впливом екологічного фактору. Відповідно, структурна зміна групи – це реакція на дію фактору. І якщо первинне угруповання протягом короткого (нееволюційного) часу змінюється чи перероджується, то це і буде реакцією на зовнішнє збурення.

З такої позиції ми підходимо до оцінювання впливу досліджуваного нами електромагнітного поля (ЕМП) ліній електропередач (ЛЕП) високої напруги на угруповання типових педобіонтів – дощових черв'яків. Представники цього таксону виступають зручним об'єктом для вивчення генеральних реакцій біологічної групи на вплив ще не дослідженого повною мірою антропоїчного фактору – електромагнітного поля ЛЕП високої напруги. Лумбріциди, як постійні компоненти природних екосистем, відзначаються низькою руховою активністю і достатнім спектром екологічних преференцій. Ці особливості дають змогу об'єктивно оцінювати реакції угруповання на хронічний електромагнітний стрес через аналіз якісно-кількісних показників.

Аналіз останніх досліджень із цієї проблеми. Вивченню характеру впливу електромагнітного поля на біорізноманіття присвячене обмежене коло наукових публікацій, і стосуються вони переважно хребетних тварин та людини [10]. Відповідно до цієї позиції ми здійснили серію досліджень із виявлення загальних реакцій угруповань дощових черв'яків на хронічний електромагнітний стрес.

Формулювання мети та завдань статті. Мета статті – виявити базові реакції природних угруповань лумбріцид та дослідження характеру змін параметрів групи: щільності, чисельності, видового і таксономічного багатства, складності угруповань та індексів різноманіття під впливом електромагнітного поля ЛЕП високої напруги.

Матеріали та методи. Базові реакції угруповань лумбріцид (*Oligochaeta*, *Lumbricidae*) на хронічний електромагнітний стрес ми вивчали в умовах польового експерименту в зоні дії ЛЕП напругою 400 кВ (околиці с. Кінчеша) та ЛЕП напругою 750 кВ (околиці с. Ірляви), 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 ектопах зі змінним гідрорежимом і відзначаються доволі високим ступенем синантропізації. Рельєф ділянок однорідний з однорідною рослинністю, що дає змогу нівелювати сукупність побічних (супутніх) екологічних факторів впливу на досліджувані компоненти екосистем і виділити електромагнітне поле як чітко виражений первинний фактор. Відбір проб здійснювався у весняно-осінній період 2009–2012 рр. за стандартною просторово-ділянковою схемою. Остання передбачала ґрунтові розкопки пробних ям об'ємом 0,25 м² (0,5x0,5x0,5 м) на віддалях

0 м (безпосередньо під дротами), 50 м, 100 м, 150 м, 200 м від ЛЕП. Указані віддалі підібрані нами довільно, але з урахуванням можливості аналізу дії різної напруженості ЕМП ЛЕП на живі компоненти екосистем (градієнт напруженості знижується від ЛЕП до контролю). Віддаль у 200 м від ЛЕП слугувала контролем, оскільки тут виявляються лише фонові значення електромагнітного поля. Для обліку дощових черв'їв застосували метод ґрунтових розкопок і ручного розбирання проб ґрунту [1]. Загалом було взято 125 проб, і них 65 – у зоні дії ЛЕП-750 кВ і 60 – в зоні дії ЛЕП-400 кВ. Виявлено та проаналізовано 3756 екземплярів лумбріцид, що систематично належать до чотирьох родів: *Aporectodea*, *Lumbricus*, *Octodrilus* та *Dendrobaena* [2].

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. Оцінка загальних реакцій угруповань дощових черв'їв на хронічний вплив ЕМП ЛЕП високої напруги впливає з характеру виявлених якісних та кількісних змін природних комплексів лумбріцид. У цій площині доцільно інтерпретувати динаміку показників видового багатства, таксономічного різноманіття, чисельності видів, індексів різноманіття, домінування, вирівняність та складність угруповань. ЛЕП високої напруги, генеруючи електромагнітне поле, створюють у зоні впливу електромагнітний градієнт. Останній характеризується поступовим зниженням напруженості ЕМП аж до показників природних фонових значень на віддалі близько 100 м від ЛЕП-400 кВ і близько 150 м від ЛЕП-750 кВ. Структурні особливості угруповань лумбріцид на електромагнітному градієнті проявляються за типом континууму. Реально спостерігається поступовий перехід досліджуваних угруповань одне в одне за поступової зміни інтенсивності фактору впливу – напруженості поля. Сформований неперервний ряд лумбріцидокомплексів без помітних перерв поступовості важко піддається якісному та кількісному аналізу. На електромагнітному градієнті дискретність угруповань наочно не виявляється, оскільки важко виділити чіткі видові групи, які б природно об'єднувались в угруповання. Та застосований нами методичний підхід до відбору ґрунтових проб на віддаль 0 м, 50 м, 100 м, 150 м і 200 м від ЛЕП дав змогу виявити достовірно відмінні одне від одного угруповання дощових черв'їв у достовірно відмінних зонах напруженості ЕМП. Наші моніторингові дослідження за станом угруповань лумбріцид в умовах хронічного електромагнітного стресу, здійснені протягом 2009–2012 рр., дають змогу оцінити загальний характер біотичних змін, що тут відбуваються. Трансформація угруповань під впливом ЕМП ЛЕП високої напруги чітко спостерігається навіть у представників ґрунтових безхребетних тварин родини Lumbricidae. І це незважаючи на те, що сам ґрунт виявляє екрануючий ефект, знижуючи напруженість ЕМП зі збільшенням глибини залягання живих організмів. За аналогією з наземними біологічними комплексами [5; 6], дощові черви адекватно реагують на електромагнетизм зміною структури угруповань. У природних та антропоізованих екосистемах, які потрапляють у зону активної дії ЛЕП високої напруги, створюються умови хронічного антропоічного стресу, де додатковим фактором екологічного впливу на живі компоненти екосистем виступає ЕМП. У міру наближення до ЛЕП напруженість ЕМП закономірно зростає. Залежно від ступеня толерантності аборигенних видів щодо цього фактору, дощові черви формують тут відносно стабільні угруповання в зонах із різною напруженістю поля. Фактично відбувається кількісний та якісний перерозподіл первинного (достресового) тваринного угруповання на комплекс нових угруповань за електромагнітним градієнтом. Результати наших досліджень указують, що видовий склад і чисельність окремих видів на обраних нами стандартних віддаль від ЛЕП (зони з різною напруженістю ЕМП) виявляють чітку тенденцію до стабільності, тобто адаптивні механізми забезпечують відносну стійкість вторинних (стресових) тваринних угруповань в антропоічно змінених екосистемах. Видоспецифічність та індивідуальна екологічна специфічність живих компонентів екосистеми, що виражається ступенем толерантності до ЕМП в умовах хронічного електромагнітного стресу, визначають структуру вторинного (стресового) біологічного угруповання. Загальний аналіз реакцій угруповань лумбріцид на електромагнітний стрес логічно розпочати з класичного підходу – порівняння чисельності та біомаси. Виявлена нами закономірність кількісного розподілу дощових черв'їв у зоні активної дії ЕМП ЛЕП високої напруги демонструє чітке зменшення загальної чисельності видів із підвищенням напруженості поля (табл. 1). У зоні дії ЛЕП-400 кВ, чисельність під електролінією зменшується на 33,2 % порівняно з умовним контролем (200 м від ЛЕП). У зоні дії потужнішої ЛЕП, з напругою 750 кВ, чисельність черв'їв на ділянках із найвищим рівнем напруженості ЕМП (під дротами ЛЕП) виявляється на 46,7 %, меншою порівняно з умовним контролем.

Таблиця 1

Параметри різноманіття угруповань лумбріцид (*Lumbricidae*) в зоні дії ЕМП ЛЕП високої напруги (за 2009- 2012 рр.)

Об'єкт	Відстань, м									
	0	50	100	150	200	0	50	100	150	200
	ЛЕП-400 кВ					ЛЕП-750 кВ				
<i>Aporrectodea rosea</i>	271	327	342	360	356	172	242	258	290	260
<i>Aporrectodea trapezoides</i>	9	18	41	42	25	2	8	13	29	42
<i>Aporrectodea longa</i>	2	1	7	3	1	2	1	0	0	0
<i>Aporrectodea caliginosa</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
<i>Lumbricus rubellus</i>	0	0	0	0	0	1	3	5	1	10
<i>Lumbricus castaneus</i>	20	18	14	32	40	0	0	1	0	0
<i>Octolasion transpadanum</i>	8	22	39	34	37	34	64	71	83	82
<i>Dendrobaena octaedra</i>	0	2	1	2	3	0	0	0	1	2
Загальна кількість (N) (екз.)	310	388	444	473	464	211	318	348	404	396
Щільність лумбріцид на м ²	103,3	129,3	148,0	157,7	154,7	64,92	97,85	107,08	124,31	121,85
Щільність лумбріцид на пробу	25,83	25,83	37,50	39,42	38,5	16,2	26,0	26,8	31,1	30,5
Кількість видів (S)	5	6	6	6	7	5	5	5	5	5
Індекс Шеннона (H)	0,52	0,63	0,82	0,85	0,84	0,57	0,69	0,75	0,78	0,96
Домінування (D)	0,77	0,72	0,61	0,597	0,61	0,69	0,62	0,59	0,56	0,49
Індекс Сімпсона (1/D)	1,30	1,39	1,64	1,68	1,65	1,45	1,61	1,69	1,78	2,06
Індекс Бергера –Паркера (d)	0,87	0,84	0,77	0,76	0,77	0,82	0,76	0,74	0,72	0,66
Вирівняність Піелу (E)	0,33	0,35	0,46	0,47	0,43	0,36	0,43	0,46	0,49	0,60
Складність угруповання (C)	0,82	0,98	1,12	1,14	1,16	0,86	0,95	0,99	1,06	1,18
Маса лумбріцид на м ² , гр	103,33	129,33	148,00	157,67	154,67	64,9	97,8	107,1	124,3	121,8

Отримані результати стверджують, що вища напруга ЛЕП-750 кВ, порівняно з ЛЕП-400 кВ, викликає пропорційно вищий ступінь впливу на чисельність. За такою ж схемою змінюються показники щільності особин на одиницю площі та маса облікованих лумбріцид у зоні дії ЛЕП високої напруги, тобто на електромагнітному градієнті спостерігається зменшення кількісних показників облікованого таксону із підвищенням напруженості ЕМП. Біомаса лумбріцид в умовах хронічного електромагнітного стресу зменшується від умовного контролю до лінії в місці найнижчого провисання дротів на 33,2 % і 46,7 % для ЛЕП-400 кВ та ЛЕП-750 кВ, відповідно. Зменшення біомаси черв'яків тягне за собою ланцюг послідовних змін у структурі екосистем. Із підвищенням напруженості ЕМП знижується метаболізм дощових черв'яків, що виступає одним із показників зниження потоку енергії через угруповання. Це явище свідчить і про відповідне зниження ступеня вкладу угруповання у стійкість екологічних зв'язків екосистеми загалом. У міру віддалення від ЛЕП збільшується потік енергії через угруповання лумбріцид, і в зоні умовного контролю на екосистему діє вже на один фактор менше, яким виступає електромагнітне поле. Поряд із цим показники видового багатства меншою мірою змінюються під впливом досліджуваного фактору. З одного боку, це пов'язано із широкою екологічною пластичністю (читай – толерантністю) видів космополітів, виявлених нами на дослідних ділянках. З іншого – відмінності у видовому складі дощових черв'яків із дослідних ділянок у зоні дії ЛЕП-400 кВ (п'ять видів) і ЛЕП-750 кВ (сім видів) пояснюються відмінністю цих ділянок у флористичному відношенні, гідрорежимом ґрунтів і географічною віддаленістю. У цьому випадку важливим є не порівняння фаун, а аналіз і порівняння угруповань із різних віддалей у зоні впливу кожної окремої ЛЕП. Зате аналіз таксономічного різноманіття на електромагнітному градієнті вказує на чіткий корелятивний зв'язок напруженості електромагнітного поля. Як у зоні дії ЛЕП-400 кВ, так і ЛЕП-750 кВ, таксономічне різноманіття (H_{tax}), яке відображає індекс Шеннона (H), однозначно зростає в міру зниження рівня напруженості поля. Останній характеризується тим, що в його оцінці враховується сума таксонів різного рангу, а як змінні розглядаються частки таксонів різних рангів без урахування кількісних показників чисельності [8]. Тут слід розуміти, що видове багатство і суми

таксонів не впливають на величину показника таксономічного різноманіття за умови вирівняності таксонів за рангами, а сам показник відображає якісну сторону ступеню організованості угруповання [8].

Оціночна інтерпретація характеру змін угруповання повинна ґрунтуватися на математичній інтерпретації різноманіття як продукту еволюційного та екологічного для конкретної географічної ділянки. Щоб об'єктивно оцінити та коректно інтерпретувати трансформацію угруповань дощових черв'яків в умовах широкого спектра інтенсивності впливу ЕМП на різних віддальх від ЛЕП, ми відмовилися від одностороннього трактування явища засобом одного «універсального» індексу. Різні індекси інтерпретують різні сторони досліджуваного явища, даючи змогу системно оцінити складну відповідь біологічної групи на дію антропогенного фактору. У практиці екологічних досліджень найчастіше використовуються індекси Шеннона (H), Сімпсона (1/D), Бергера-Паркера (d), які ми й вибрали для аналізу досліджуваних угруповань лумбріцид [8]. Переконливим свідченням впливу ЕМП ЛЕП на біорізноманіття та функціональний стан угруповань виявився факт чіткого зменшення показника індексів різноманіття в умовах зростання напруженості ЕМП ЛЕП високої напруги. Індекс Шеннона (H) для дощових черв'яків на різних віддальх від ЛЕП чітко корелює з напруженістю ЕМП. Так, для ЛЕП-400, від 0 м до контролю H збільшується від 0,52 до 0,84 біт. Для ЛЕП-750, H зростає від 0,57 до 0,96 біт. Наочним підтвердженням загальної реакції угруповань лумбріцид на вплив досліджуваного фактору виступає й індекс Сімпсона (1/D). Значення його змінюється в межах від 1,30 до 1,65 для ЛЕП-400 та від 1,45 до 2,06 для ЛЕП-750. Інтенсивність змін обох індексів закономірно вища в умовах вищої напруги ЛЕП, тобто для ЛЕП-750 кВ. Індекс Бергера-Паркера (d) виступає однією з мір домінування і виражає відносну значимість найбільш численного виду. У цьому випадку можна спостерігати чітке зростання показника (d) у міру наближення до ЛЕП. Водночас його зміни інтенсивніші в зоні дії потужнішої ЛЕП. Для ЛЕП-400 кВ індекс Бергера-Паркера змінюється на 11,5 %, а для ЛЕП-750 кВ – 19,5 %.

У цьому випадку аналіз стану угруповань лумбріцид у зоні активної дії ЛЕП високої напруги є об'єктивним свідченням негативного впливу ЕМП на ґрунтових дощовиків. Показники індексів різноманіття чітко корелюють із напруженістю ЕМП, тобто континуальність угруповань лумбріцид проявляється на фоні градієнту досліджуваного екологічного фактору. Поступова зміна градієнта електромагнітного поля викликає якісні та кількісні зміни у складі угруповань черв'яків, що наочно позначається на цифрових параметрах біорізноманіття. Зрозуміло, що за умови доволі плавного та поступового підвищення напруженості ЕМП при наближенні до ЛЕП чітких градаційних меж видово-чисельної структури угруповань не спостерігається. Тут проявляється поступовість зміни складу педофауністичних угруповань уздовж градієнту напруженості ЕМП, тобто в умовах нашого польового експерименту реалізується адаптаційний континуум за типом екокліну. Зате на фіксованих різновіддалених ділянках (довільно обрані нами стандартні віддалі на 0 м, 50 м, 100 м, 150 м, 200 м), угруповання умовно диференціюються фактично за всією шкалою показників різноманіття. І наші тривалі моніторингові дослідження педофауни лумбріцид у зоні дії ЛЕП із напругою 400 і 750 кВ засвідчують реальність та достовірність формування тут відносно стабільних у часі та просторі вторинних стресових угруповань. Аналіз стану цих таксономічних комплексів на ділянках із різною напруженістю електромагнітного поля виявив чіткий причинно-наслідковий зв'язок між рівнями впливу ЕМП на біоту і відгуком біоти.

Аналіз загальних реакцій угруповань лумбріцид на хронічний електромагнітний стрес вимагає дати оцінку трансформаціям, що виникають на електромагнітному градієнті. І однією з важливіших сторін, яка повинна братися до уваги, – це стан стійкості угруповання. Надійною характеристикою стійкості виступають два взаємопов'язані показники – домінування та вирівняність. У зазначеній площині отримані результати демонструють чітку кореляцію показників стійкості угруповань дощових черв'яків від напруженості електромагнітного поля, яке на них діє. Показники домінування (D), розраховані за індексом Сімпсона, закономірно зростають із наближенням до ЛЕП, тобто з підвищенням напруженості електромагнітного поля. Для ЛЕП-400 кВ показник домінування змінюється від 0,61 біт на умовному контролі до 0,77 біт під дротами. Для ЛЕП-750 кВ зміни аналізованого показника удвічі вищі – від 0,49 біт до 0,69 біт. Вирівняність Піелу (E) для обох досліджуваних ЛЕП чітко вписується у виявлену нами закономірність. Зростання напруженості в міру наближення до лінії викликає зменшення показника (E) в зоні дії ЛЕП-400 кВ від 0,47 до 0,33. У значно ширшому діапазоні, майже удвічі, спостерігається зниження показника вирівняності Піелу в зоні дії ЛЕП-750 кВ – від

0,6 до 0,36. У цьому випадку важливо оцінювати загальний характер функціональних змін угруповань під впливом екологічного фактору, а не абсолютні показники вирівняності Пієлу. Адже на абсолютні цифри впливає конкретний стан дослідних ділянок, а не суто електромагнітний фактор. Органічним доповненням стану досліджуваних угруповань із позиції їх стійкості може слугувати показник складності (С), який запропонував І. Г. Ємельянов, [3]. Цей показник ураховує і структуру таксономічних відношень організмів, і їх дольову представленість на різних таксономічних рівнях. При цьому він відображає якісно-кількісну характеристику організованості угруповання. У цьому випадку показник складності може виступати інтегральним показником, що оцінює різноманіття біотичних угруповань та їх функціональну стійкість [4]. За умови впливу електромагнітного поля ЛЕП високої напруги на дощових черв'як угруповання останніх реагують на стресову ситуацію структурними перебудовами. Оцінка цих трансформацій із позиції складності вторинних угруповань лумбріцид виявила однозначну і наочну картину екологічної залежності «напруженість електромагнітного поля – показник складності». Підвищення напруженості поля, тобто наближення до ЛЕП, викликає зниження показника складності угруповань черв'як. Для ЛЕП-400 кВ, складність від умовного контролю до зони найвищої напруженості поля (у місці найнижчого провисання дротів під лінією) зменшується на 0,34. А для ЛЕП-750 кВ, показник складності зменшується на 0,32. Незначна різниця абсолютних значень між угрупованнями з різних ділянок (ЛЕП-400 кВ і ЛЕП 750 кВ) пояснюється невисокою кількістю видів лумбріцид та високим ступенем спільних видів. Та зрештою важливим є генеральний характер реакції угруповань лумбріцид на хронічний електромагнітний стрес, що проявляється в збільшенні частки домінантів, зниженні вирівняності та загальної стійкості стресової групи.

Важливим аспектом наших досліджень є виявлення залежності між реакціями угруповань лумбріцид та дією ЕМП ЛЕП високої напруги як екологічного фактору впливу. У цьому випадку тим показником, який оцінює вказану залежність, виступає кореляція [9]. У практиці екологічного аналізу впливу фактору на біологічні компоненти екосистеми використовують показники, що лежать межах від -1 до $+1$, де значення $r=0$ указує на відсутність зв'язків [7]. У результаті аналізу отриманих даних виявлено високий рівень кореляційних зв'язків між показниками чисельності й рясності дощових черв'як та напруженістю ЕМП ЛЕП високої напруги. Величина його значення виявилася високою – $r=0,98$, що є свідченням сильної зворотної кореляції.

Висновки і перспективи подальших досліджень. В умовах хронічного впливу ЕМП ЛЕП високої напруги відбувається кількісний та якісний перерозподіл первинного (достресового) угруповання лумбріцид на комплекс нових угруповань за електромагнітним градієнтом. Реалізується адаптаційний континуум за типом еокліну. Проте на фіксованих різновіддалених ділянках (довільно обрані віддалі на 0 м, 50 м, 100 м, 150 м, 200 м від ЛЕП), угруповання умовно диференціюються фактично за всією шкалою показників різноманіття. Реально тут формуються відносно стабільні в часі та просторі вторинні стресові угруповання дощових черв'як. Підвищення напруженості ЕМП, тобто наближення до ЛЕП, викликає зниження загальної чисельності, біомаси, рясності, таксономічного різноманіття, індексів різноманіття, показників домінування, вирівняності та складності угруповань лумбріцид.

Список використаної літератури

1. Бызова Ю. Б. Количественные методы в почвенной зоологии / Ю. Б. Бызова, М. С. Гиляров. – М. : Наука, 1987. – 288 с.
2. Всеволодова-Перель Т. С. Дождевые черви фауны России. Кадастр и определитель / Т. С. Всеволодова-Перель. – М. : Наука, 1997. – 104 с.
3. Емельянов И. Г. Таксономическая структура и сложность биотических сообществ / И. Г. Емельянов, И. В. Загороднюк, В. Н. Хоменко // *Екологія та ноосферологія*. – 1999. – Т. 8, № 4. – С. 6–18.
4. Загороднюк И. В. Оценка таксономического разнообразия фаунистических комплексов / И. В. Загороднюк, И. Г. Емельянов, В. Н. Хоменко // *Доповіді НАН України*. – 1995. – N 7. – С. 145–148.
5. Крон А. А. Угруппования дощових черв'як (*Oligochaeta, Lumbricidae*) в умовах хронічного електромагнітного стресу / А. А. Крон, В. Г. Рошко, Р. П. Власенко, І. П. Онищук // *Наук. вісн. Ужгород. ун-ту. Сер. : Біологія*. – 2010. – № 27. – С. 13–17.

6. Крон А. А. Загальний характер впливу електромагнітного поля ліній електропередач високої напруги на ґрунтових кліщів (*Arachnida, Acarina*) / А. А. Крон, О. І. Волошин, В. В. Меламуд, В. Г. Рошко // Наук. вісн. Ужгород. ун-ту. Сер. : Біологія. – 2008. – № 23. – С. 174–179.
7. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М. : Высш. шк., 1973. – 343 с.
8. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение / Э. Мэгарран. – М. : Мир, 1992. – 173 с.
9. Плохинский Н. А. Биометрия / Н. А. Плохинский. – М. : Изд-во МГУ, 1970. – 366 с.
10. Пресман А. С. Электромагнитные поля в биосфере / А. С. Пресман. – М. : Знание, 1971. – 63 с.

Стаття надійшла до редколегії
07.02.2013 р.