

УДК: 598.2:504.5(477.54)

Yehorov V. <https://orcid.org/0009-0001-2939-8660>

РОЛЬ ЛАНДШАФТНИХ УМОВ У ФОРМУВАННІ ОРНІТОФАУНІСТИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ УЗОВЖ ЛЕП У ХАРКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

© Єгоров В.В.

аспірант, Харківського національного педагогічного університету імені Г.С. Сковороди
e-mail: egorovvladislav2014@gmail.com
<https://doi.org/10.34142/2708-5848.2025.27.2.03>

У дослідженні проаналізовано дію електричних і магнітних полів (ЕМП), створюваних лініями електропередач (ЛЕП), на птахів Харківської області. Основною метою було встановити залежність між інтенсивністю ЕМП та видовим різноманіттям птахів у різних ландшафтних умовах. Було обрано чотири контрольні ділянки, що охоплюють ЛЕП трьох класів напруги (0,4 кВ, 35 кВ і 330 кВ), розташовані в агроландшафтах, на луках та в мозаїчних біотопах. Польові дослідження проводили протягом весняно-літнього періоду 2024 року. Вимірювали вплив ЕМП під ЛЕП різної напруги (0,4 кВ, 35 кВ і 330 кВ) за допомогою приладу ANENG-GN902. Різноманітність видів птахів оцінювали за допомогою індексів Шеннона (H) і Сімпсона (1-D), а схожість між ділянками аналізували за допомогою дендрограми, побудованої на основі коефіцієнта Брейт-Кертиса.

Загальна кількість зареєстрованих видів птахів становила 108. Обліки проводилися маршрутним методом з фіксацією всіх птахів, зареєстрованих візуально та акустично.

Водночас видовий склад птахів більше визначався специфікою ландшафтних умов, ніж рівнем напруженості ЕМП. Максимальні значення видового різноманіття птахів було зафіксовано на територіях із мозаїчними біотопами та водоймами (H = 3,357; 1-D = 0,9352), де висока структурна різноманітність середовища забезпечила найбільшу кількість екологічних ніш. Тоді як найменші показники спостерігалися в аграрних ландшафтах із високим антропогенним навантаженням (H = 1,712; 1-D = 0,5758), де домінування монокультур та інтенсивна господарська діяльність обмежують видовий склад. Дендрограма показала високу схожість між ділянками з подібними природними характеристиками незалежно від напруги ЛЕП, підтверджуючи, що ландшафтний фактор є домінуючим у формуванні орнітофауни порівняно з інтенсивністю ЕМП. Отримані дані свідчать про те, що вплив ЕМП на птахів має багатофакторний характер, який залежить не лише від фізичних параметрів поля, але й від загальних екологічних умов території. Таким чином, екологічний менеджмент уздовж трас ЛЕП має пріоритетно включати заходи щодо збереження та відновлення біотопічного різноманіття, а не лише фокусуватися на обмеженні фізичного впливу поля. Ці результати можуть слугувати основою для розроблення технологій у проектуванні та модернізації ЛЕП, таких як маркування проводів, оптимізація трасування та збереження важливих оселищ.

Ключові слова: лінії електропередач, електромагнітне поле, орнітофауна, видове різноманіття, Харківська область, ландшафтні умови, мозаїчні оселища.

Стрімкий розвиток енергетичної інфраструктури, що супроводжує урбанізацію, робить проблему збереження біорізноманіття особливо важливою [1]. Орнітофауна, як складова природних екосистем, відчутно потерпає від розширення електромереж [3, 10]. Збільшення кількості об'єктів енергетики, таких як лінії електропередач (ЛЕП), вітрові електростанції та підстанції, створює значні ризики для орнітофауни. Птахи сильно реагують на зміни, спричинені людиною, включаючи фрагментацію середовища проживання, ураження електричним струмом та зіткнення з проводами та турбінами [6]. Це особливо характерно для мігруючих видів [2]. ЛЕП є однією з основних

антропогенних причин знищення птахів у всьому світі від ураження електричним струмом [4]. За оцінками, лише в Канаді та Сполучених Штатах щороку під дією впливу ЛЕП знищується 60 мільйонів птахів [3].

У дослідженні М. Ферре з співавторами [8] було доведено, що «пташині дивертори» можуть зменшити смертність птахів до 70%. Дж. Ф. Дваєр з співавторами [16] засвідчили зниження на 98% смертності журавля канадського (*Antigone canadensis*) від зіткнень з ЛЕП після встановлення ультрафіолетових відлякувачів. Л. Бізото з співавторами [19], виявили, що від зітк-

нення ЛЕП та ураження електричним струмом гине значна кількість птахів, особливо 38 видів, які знаходяться в найбільшому ризику в Бразилії. Дж. Ескоба-Ібаньєс з співавторами [18] також виявили, що ЛЕП є основною причиною смертності птахів у Мексиці, включаючи види, що перебувають під загрозою зникнення. В Україні здебільшого вивчали загрози для птахів від контактів з ЛЕП [3, 4, 6], зокрема, і для рідкісних видів, таких як дрохва [1]. Між тим, було з'ясовано, що, окрім негативного впливу на орнітофауну, ЛЕП надають і ряд певних переваг для деяких видів птахів [2]. За підсумками цих досліджень було розроблено методичні підходи до оцінки впливу повітряних ліній електропередачі на птахів [5]. Дослідження В.В. Єгорова [7] показало, що впровадження технологій маркування проводів та встановлення відлякувачів та моніторинг за допомогою інноваційних методів може дослідити причини смертності птахів.

Окремо на птахів впливають ще й електричне та магнітне поля (ЕМП). А оскільки ЛЕП є повсюдними елементами ландшафту, які активно використовують птахи для відпочинку, полювання та гніздування. Отже, ЕМП навколо ЛЕП можна розглядати як фонові екологічні фактори, що постійно присутні в середовищі існування птахів. Зростання кількості електричних мереж, зумовлене потребами в енергії, неминуче підвищує потенційний ризик для птахів [6,7,15]. Розуміння характеру цього впливу є критично важливим для розробки ефективних заходів з метою збереження птахів та пом'якшення негативного впливу на них.

Саме тому актуальною проблемою є визначення та кількісна оцінка впливу ЕМП від ЛЕП на орнітофауну. Натомість, існує дефіцит польових досліджень з адекватними контрольними групами та належним визначенням впливу. Існуючі міжнародні стандарти безпеки, такі як ICNIRP та IEEE. Стандарт ICNIRP – це настанова, досліджує обмеження впливу змінних у часі електричних, магнітних та електромагнітних полів (в діапазоні частот до 300 ГГц) визначає допустимі рівні змінних електричного, магні-

тного та електромагнітних полів, котрі можуть впливати на здоров'я птахів. Настанова базується на результатах досліджень та поточних знаннях. Проте, в настанові введено обмеження стосовно наведених значень граничних рівнів, котрі надають можливість адекватно оцінювати рівень захисту від змінного у часі ЕМП [21]. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) – це загальний стандарт, котрий визначає основні підходи до планування, проектування, будівництва та експлуатації електричних підстанцій. Цей стандарт описує специфікації, котрі варто виконати для оцінки захищених інтелектуальних електронних пристроїв. Стандарт наказує застосовувати криптографічні механізми, котрі затверджені NIST. Стандарт NIST дає рекомендації стосовно забезпечення безпеки систем промислового управління. Загалом він слугує для управління мережею розподілу електроенергії [21].

Електричні поля виникають внаслідок напруги у провіднику, навіть коли не знаходяться під напругою, і вимірюються у вольтах на метр (В/м). Магнітні поля створюються рухом електричного струму та вимірюються в Гауссах (Г) або Теслах (Т). ЕМП, що генерують ЛЕП, належать до надзвичайно низькочастотного (ELF) діапазону з частотою 50 Гц в Україні. Інтенсивність як електричних, так і магнітних полів значно зменшується зі збільшенням відстані від джерела: електричні поля легко екрануються будівлями та деревами, тоді як магнітні проходять крізь більшість матеріалів [6].

Метою даного дослідження є комплексне вивчення впливу електричних і магнітних полів, створюваних лініями електропередач різної напруги, на видовий склад і рівень різноманіття птахів у різних ландшафтних умовах Харківської області. Для досягнення поставленої мети вимірювали електричні магнітні поля поблизу ЛЕП різної напруги, оцінювали видове різноманіття птахів із застосуванням індексів Шеннона та Сімпсона та визначали залежність особливостей оселищ птахів від інтенсивності ЕМП.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Дослідження ґрунтується на аналізі та синтезі наукових даних, отриманих з опублікованих джерел, офіційних звітів природоохоронних організацій та міжнародних баз, таких як Scopus та Web of Science. Використовувались методи порівняльного аналізу, систематизації літератури та моделювання просторового впливу.

Для обліку птахів і вимірювання ЕМП було обрано три ділянки ЛЕП в Харківській області: «Васищеве-Водяне» (35 кВ), «Залютине-Харків» (330 кВ) та «Східна Індустріальна Безлюдівка» (35 кВ). Крім того, додатково проводили вимірювання параметрів магнітного та електричного поля на ще одній ділянці з напругою 0,4 кВ., яка розташована в селі Лизогубівка, провулок Лісний, Харківського р-ну, Харківської області.

На кожній з трьох основних ділянок ЛЕП, а саме: «Васищеве-Водяне», «Східна Індустріальна - Безлюдівка», польові дослідження проводилися вздовж маршруту загальною довжиною 2-3 км. Електричне та магнітне поля вимірювали за допомогою приладу ANENG-GN902. Вимірювання здійснювалося на висоті близько 2 м над поверхнею землі: безпосередньо під лінією дротів на дистанції 10-12 м від опори. Польові роботи виконувалися протягом весни-літа 2024 року. Обліки здійснювалися маршрутними методами на регулярній основі – тобто виконувалися кожні 10 днів на кожній з трьох основних ділянок. Під час кожного обліку була фіксація кожного виду птахів, що зареєстровані візуально та акустично. При цьому, окремо враховували птахів під ЛЕП, тобто особин, що перебували безпосередньо у зоні відчуження під дротами; птахів над ЛЕП – тих, що сиділи на дротах, опорах, траверсах або гніздилися на них; птахів біля ЛЕП – тих, що перебували в зоні 10-12 м від лінії електропередач.

Електричне (E) та магнітне (B) поля вимірювали приладом ANENG-GN902 на

висоті приблизно 2 м від поверхні землі безпосередньо під лінією дротів та на відстані 10-12 м від опори.

Виміряні значення були зафіксовані та проаналізовані для порівняння з теоретичними даними та висновками, отриманими з наукової літератури.

Видове різноманіття птахів визначали за індексом видового різноманіття Шеннона (H) та індексом домінування Сімпсона (D) у програмі PAST 5.0. Для виявлення подібності між вибірками та їх групуванням побудовано дендрограму на основі коефіцієнта Брейт-Кертиса та методу UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean).

Ділянка «Залютине-Харків» (330 кВ). Це високовольтна лінія, яка тягнеться над відкритими луками та орними землями. Між полями залишаються ділянки дикої рослинності, а поряд розташоване невеличке заплавне озеро, що підвищує вологість і сприяє зростанню більшої кількості видів птахів.

Ділянка «Васищеве-Водяне» (35 кВ). Це околиця населеного пункту, де лінія електропередач проходить через луки та поля, більшу частину яких займають посіви кукурудзи. Поруч протікає річка Уди, що створює додаткову різноманітність біотопів. Під проводами зростає різнотрав'я, чагарники, подекуди трапляються поодинокі дерева. Умови досить мозаїчні, що приваблює як лугові, так і прибережні види птахів.

Ділянка «Східна Індустріальна Безлюдівка» (35 кВ). ЛЕП проходить серед агроландшафтів з переважанням соняшнику та кукурудзи. Поряд ставок-глинище, який збирає водоплавних і навколотовних птахів, а також автодорога і сміттєвий полігон, що приваблюють синантропні та всеїдні види. Попри близькість водойми, структура угруповання тут більш одноманітна.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Результати вимірювань інтенсивності електричних та магнітних полів під ЛЕП різної напруги на дослідних ділянках представ-

лені в Табл. 1. За результатами спостереження було помічено, інтенсивність електричних та магнітних полів зростала пропорційно напрузі ЛЕП. Найвищі значення

спостерігалися під ЛЕП 330 кВ, найнижчі – під ЛЕП 0.4 кВ. Оскільки птахи активно використовують дроти та опори ЛЕП як місця відпочинку, огляду території та полювання, зона підвищеної напруженості ЕМП визначає простір, в якому птахи можуть перебувати найбільш тривалий час. Таким чином,

вимірювані показники ЕМП дозволяють співставити інтенсивність полів з видовим складом угруповань на кожній ділянці та оцінити потенційний вплив ЕМП на орнітофауну [6].

Таблиця 1

Інтенсивність електричних та магнітних полів (ЕМП) під ЛЕП

Ділянка дослідження	Напруга ЛЕП (кВ)	Електричне Поле (Е), В/м (під лінією)	Магнітне Поле (В), мкТл (під лінією)	Електричне Поле (Е), В/м (на відстані 10–12 м)
пров. Лісний	0,4	22	0,41	0
Васищеве-Водяне	35	153	0,50	37
Східна Індустріальна – Безлюдівка	35	148	0,47	35
Залютине-Харків	330	6283	2,10	2045

Оцінювання можливого впливу електромагнітного поля ліній електропередачі на орнітофауну проводили шляхом аналізу співвідношення між параметрами ЕМП і показниками біологічного різноманіття на окремих досліджуваних ділянках. Отримані дані свідчать про відсутність прямого зниження видового багатства зі збільшенням напруженості електричного поля.

Показовим є приклад ділянки «Залютине-Харків», де зафіксовано найвищі значення напруженості електричного поля 6283 В/м, що майже у сорок разів перевищує відповідні показники інших територій. Попри це, саме тут відзначено максимальну кількість видів птахів 81 вид і найвище значення індексу Шеннона $H = 3,357$. Такий результат пов'язаний із високою просторовою різноманітністю ландшафту, який включає водно болотні угіддя та відкриті лучні оселища і забезпечує широкий спектр екологічних умов.

Водночас ділянки «Васищеве-Водяне» та мають близькі значення напруженості електромагнітного поля 153 В/м і 148 В/м відповідно, проте структура орнітофауни на цих територіях істотно відрізняється. Для ділянки «Східна Індустріальна-Безлюдівка» зафіксовано найнижче значення індексу Шеннона $H = 1,712$, а видо-

вий склад формується переважно за рахунок синантропних видів. Ймовірною причиною цього є інтенсивний антропогенний вплив, зокрема сусідство зі сміттєвим полігоном і транспортною інфраструктурою.

Загалом результати дослідження свідчать, що в умовах Харківської області напруженість електромагнітного поля ліній електропередачі не визначає структуру орнітофауни. Набагато важливішими чинниками є екологічна якість середовища, мозаїчність біотопів і рівень антропогенного навантаження.

На досліджених ділянках зареєстровано 108 видів птахів, яке охоплює 15 рядів та 38 родин. У кількісному складі традиційно переважали представники ряду Горобцеподібних (Passeriformes). Серед них найвищу чисельність демонстрували типові для регіону горобець польовий (*Passer montanus*), синиця велика (*Parus major*), зяблик звичайний (*Fringilla coelebs*) та зеленяк звичайний (*Chloris chloris*). Водночас, через наявність водойм, помітну частку в угрупованні становили водно-болотні птахи ряду Гусеподібні (Anseriformes), зокрема, крижень звичайний (*Anas platyrhynchos*) був одним із найпоширеніших видів, зустрічаючись на всіх трьох досліджених територіях.

На Ділянці «Васищеве–Водяне», що включає водно-болотні оселища, основне ядро угруповання формували саме водно-болотні та синантропні види. Крижень звичайний тут був абсолютним домінантом, складаючи найбільшу частку загальної чисельності. Значну роль у формуванні населення також відігравали ластівка берегова (*Riparia riparia*), мартин жовтоногий (*Larus cachinnans*), горобець польовий та ворона сіра (*Corvus cornix*). Субдомінантами мозаїчного біотопу, які створювали його фоновий склад, були вівчарик-ковалик (*Phylloscopus collybita*), шпак звичайний (*Sturnus vulgaris*) та зяблик звичайний.

Для високовольтної ділянки «Залютине–Харків» характерні відкриті луки, орні угіддя та заплавні озера, що створює багатий спектр екологічних ніш. Тут, як і на попередній ділянці, домінував крижень звичайний. Серед горобцеподібних найчисельнішими були горобець польовий, синиця велика, зеленяк звичайний та вівчарик-ковалик. До субдомінантів належали

шпак звичайний, зяблик звичайний та плиска біла (*Motacilla alba*).

На ділянці «Східна Індустріальна – Безлюдівка», що зазнає відчутного антропогенного впливу (зокрема, через сміттевий полігон), структура орнітокомплексу різко змістилася. Беззаперечним лідером за чисельністю став грак звичайний (*Corvus frugilegus*), присутність якого багаторазово перевищувала показники інших видів. Значну кількість особин також становили лиска звичайна (*Fulica atra*), крук звичайний (*Corvus corax*), горобець польовий та синиця велика. Серед субдомінантів ключову роль відігравали крижень звичайний, ворона сіра та шпак звичайний, які ефективно використовували кормові ресурси, характерні для антропогенно зміненого середовища.

Під час роботи на кожній із трьох обраних ділянок ми окремо підраховували значення індексів Шеннона (*H*) та Сімпсона (1–*D*), щоб оцінити рівень різноманіття птахів та побачити, як він змінюється залежно від умов середовища (Табл. 2).

Таблиця 2

Показники різноманіття птахів на досліджуваних ділянках ЛЕП

Ділянка (Напруга ЛЕП)	Опис Ландшафту	Кількість видів	Кількість особин	Індекс Шеннона (H)	Індекс Сімпсона (1-D)
Залютине-Харків (330 кВ)	Відкриті луки, орні землі, заплавне озеро (мозаїчний біотоп)	81	1410	3,357	0,9352
Васищеве-Водяне (35 кВ)	Луки, поля, річка Уди, чагарники (мозаїчний біотоп)	58	3829	2,759	0,8992
Східна Індустріальна Безлюдівка (35 кВ)	Агроландшафти, ставок-глинище, сміттевий полігон (високе антропогенне навантаження)	58	4412	1,712	0,5758

Показники різноманіття птахів на досліджуваних ділянках відрізняються через істотні відмінності в структурі ландшафтів, доступності кормових ресурсів, наявності водних об'єктів та загального рівня антропогенного впливу. Мозаїчні оселища, такі як поєднання луків, заплавних водойм, чагарників та орних земель, створюють істотно більшу кількість екологічних ніш, ніж

однорічні агроландшафти. Це дає можливість одночасного співіснування видам з різними екологічними потребами – водоплавним, лучним, хижим, синантропним та лісовим видам птахів.

Натомість у агроландшафтах структура середовища спрощена, домінують монокультурні посіви, а рівень антропоген-

ного шуму обмежує присутність більш обмежених видів. У таких умовах, зростає кількість видів птахів, які більш толерантні до стресових умов існування. Тому різниця в рівні різноманіття між ділянками, прямо відповідає ступеню біотопічної мозаїчності та екологічної різноманітності середовища [5].

Якщо порівнювати, то найбільш різноманітна за складом фауна виявилася на «Залютине-Харків» – тут не лише більше видів, але й вони розподілені відносно рівномірно. На «Васищеве-Водяне» показники трохи нижчі, але все ж різноманіття помітне, особливо за рахунок поєднання лугових і прибережних біотопів. Найменші значення ми зафіксували на «Східній Індустріальній Безлюдівці», де кілька домінуючих видів складають велику частку чисельності.

Ми додатково побудували дендрограму подібності (метрика Bray–Curtis, метод UPGMA), яка чітко показала, що Васищеве-Водяне та Залютине-Харків групуються в один кластер, що свідчить про близькість їх видового складу. Це можна пояснити схожими відкритими просторами луків, присутністю водних об'єктів та менш

вираженим впливом промислових факторів. Така різноманітність середовищ створює широкий спектр доступних екологічних ніш, що дозволяє співіснувати видам із різними трофічними потребами та типами поведінки. Водойми та заплавні ділянки приваблюють водно-болотних та прибережних птахів, відкриті луки – комахоїдні та зерноїдні види, а наявність дернової та чагарникової рослинності забезпечує умови для гніздування співочих пташок.

«Східна Індустріальна Безлюдівка» утворила окрему гілку, що логічно з огляду на специфіку її середовища – поєднання агроландшафтів з інтенсивним антропогенним впливом, полігоном і дорогою, що формує більш «зміщений» набір видів. Домінування агроландшафтів, наявність сміттевого полігону та інтенсивний рух транспорту створюють умови, у яких домінують стійкі до антропогенного впливу види, часто синантропного чи евритопного характеру. У результаті, набір видів тут є менш різноманітним та більш однорідним, що знижує подібність цієї ділянки до двох інших.

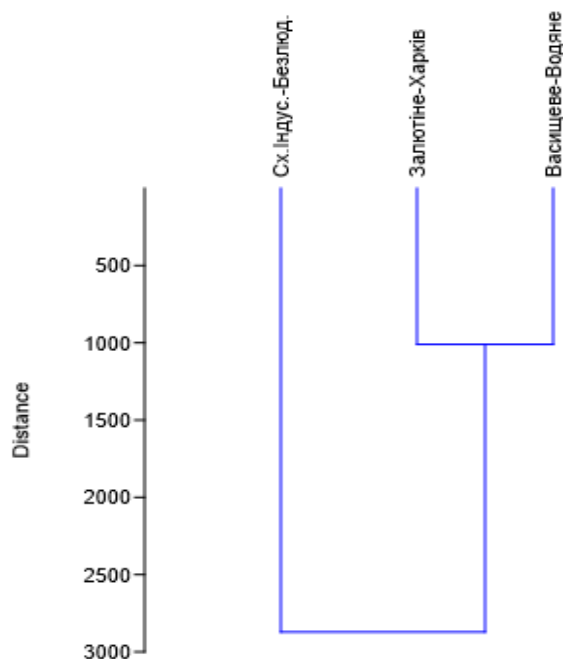


Рис. 1. Подібність видового складу птахів на трьох ділянках ЛЕП (Bray–Curtis, UPGMA).

Таким чином, результати свідчать про те, що прямого зв'язку між інтенсивністю ЕМП та різноманіттям птахів не встановлено. Це означає, що в межах отриманих польових даних, видове різноманіття птахів

на дослідних ділянках не демонструє залежності від рівня електричного чи магнітного поля. Навпаки, зафіксовані відмінності між ділянками узгоджуються з особли-

востями їхніх оселищ: мозаїчністю біотопів, наявністю водойм, різноманітністю кормових ресурсів та рівнем антропогенного впливу. Тому встановлені закономірності

ПІДСУМОК

Аналіз видового різноманіття птахів показав, що ключовим чинником різноманітності угруповань є не лише фізичні параметри ЕМП, а й структура та мозаїчність біотопів. Ділянки з поєднанням луків, чагарників і водних об'єктів мали найвищі значення індексів Шеннона та Сімпсона, тоді як агроландшафти з високим антропогенним навантаженням демонстрували знижене різноманіття та більшу домінантність кількох видів. Побудована дендрограма подібності показала, що території з близькими природними умовами можуть мати схожий видовий склад птахів навіть за різних напруг ЛЕП.

Отже, ключовими факторами формування видового різноманіття птахів є неод-

свідчать, що саме екологічні характеристики середовища, а не ЕМП, визначають структуру орнітофауни у межах досліджуваних територій.

норідність ландшафту, наявність водойм і ступінь антропогенного впливу.

Високовольтні ЛЕП не мають прямого негативного впливу ЕМП на орнітофауну в межах досліджених біотопів, однак потребують подальших досліджень стосовно фізіологічних реакцій птахів.

Рекомендації відносно зменшення ризиків мають спрямовуватися на збереження та відновлення біотопів, оскільки саме вони визначають різноманіття видів вздовж трас ЛЕП.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання цих даних для розробки національних стратегій зменшення негативного впливу ЛЕП на птахів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Andryushchenko Y.A., Beskaravainy M.M., Stadnychenko I.S. About the death of bustards and other species of birds from collisions with power lines in their wintering grounds. 2002. Branta. No. 5. P. 97-112.
2. Andryushchenko Y.A., Birds and air power lines in the Steppe Crimea: minuses and pluses. Materials of the scientific-practical seminar «Problems of bird death and ornithological safety on overhead power lines of medium power: modern scientific and practical experience» (November 10-11, 2011 in Ulyanovsk). - Strezhen LLC, Ulyanovsk. P. 38-49.
3. Andryushchenko Y.A. Kucherenko V.N., Popenko V.M. About the use and avoidance of overhead power lines by birds in the Crimea. Brant. 2014. No. 17. P. 39-49.
4. Andryushchenko Y.A., Kucherenko V.N., Popenko V.M.. Results of monitoring bird deaths from contact with overhead power lines in Crimea in 2013–2014. 2014. Branta No. 17. P. 104-132.
5. Andryushchenko Y.O. Methodological approaches to assessing the impact of overhead power lines on birds. Scientific and methodological foundations of protection and assessment of the impact on the environment during the design, construction, operation of wind and solar power plants, power grid lines. 2014, Kyiv–Melitopol. P. 132-139.
6. Andryushchenko Y. O., Koshelev V.O., Koshelev O.I., Popenko V.M., Chernychko R.M. Expert assessment of the current state of avifauna and threats to birds along the designed power transmission line «Yakymivka-Molochansk» in Zaporizhia region. Ecological Sciences. 2020. No. 2(29). P. 63-73.
7. Yehorov V. V. A brief outline of the history of research into the specifics of the impact of energy facilities on avifauna. Biodiversity, Ecology and Experimental Biology, 2024, No. 26 (2), URL: <http://journals.hnpu.edu.ua/index.php/biology/article/view/16715>
8. Brief Weekly Magnetic Field Exposure Enhances Avian Oxidative Muscle Character During Embryonic Development / J.L. Y. Yap et al. *International Journal of Molecular Sciences*. 2025. Vol. 26, no. 11. P. 5423 URL: <https://doi.org/10.3390/ijms26115423>
9. Comparison of international policies on electromagnetic fields. *Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu RIVM*. URL: <https://www.rivm.nl/sites/default/files/2018-11/Comparison%20of%20international%20policies%20on%20electromagnetic%20fields%202018.pdf> (Accessed 03.08.2025).
10. Efficacy of different types of “bird flight diverter” in reducing bird mortality due to collision with transmission power lines / M. Ferrer et al. *Global Ecology and Conservation*. 2020. Vol. 23. P. e01130. URL: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01130>
11. Electric and Magnetic Fields. *National Institute of Environmental Health Sciences*.

- URL: <https://www.niehs.nih.gov/health/topics/agents/emf>
12. Fernie K. J., Reynolds S. J. The Effects of Electromagnetic Fields From Power Lines on Avian Reproductive Biology and Physiology: A Review. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*. 2005. Vol. 8, no. 2. P. 127–140. URL: <https://doi.org/10.1080/10937400590909022>
 13. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (Up to 300 GHz). *ICNIRP*. URL: <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdl.pdf>
 14. Impact of Electric Field Doses from High-Voltage Power Lines on Biodiversity / A. UI et al. *International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation*. 2025. Vol. 6, no. 2. P. 784–793. URL: <https://doi.org/10.54660/ijmrge.2025.6.2.784-793>
 15. Molua C. O. The Environmental Impact of Exposure to Electromagnetic Fields (EMF) on Health. *April-May 2024*. 2024. No. 43. P. 23–34. URL: <https://doi.org/10.55529/jcimp.43.23.34>
 16. Near-ultraviolet light reduced Sandhill Crane collisions with a power line by 98% / J. F. Dwyer et al. *The Condor*. 2019. Vol. 121, no. 2. URL: <https://doi.org/10.1093/condor/duz008>
 17. Possible effects of electromagnetic fields on plants and animals. *Federal Office for Radiation Protection*. URL: <https://www.bfs.de/EN/bfs/science-research/emf/statements/emf-animals-and-plants.html>
 18. Power Lines, an Understudied Cause of Avian Mortality in Mexico / J. F. Escobar-Ibáñez et al. *Tropical Conservation Science*. 2022. Vol. 15. P. 194008292211304. URL: <https://doi.org/10.1177/19400829221130479>
 19. Risk of bird electrocution in power lines: a framework for prioritizing species and areas for conservation and impact mitigation / L. D. Biasotto et al. *Animal Conservation*. 2021. URL: <https://doi.org/10.1111/acv.12736>
 20. Species-Specific Effects of a Sound Prototype to Reduce Bird Use of Powerline Poles / J. Ribeiro-Silva et al. *Ecologies*. 2025. Vol. 6, no. 1. P. 12. URL: <https://doi.org/10.3390/ecologies6010012>
 21. URL: <https://www.ucrf.gov.ua/storage/app/sites/1/uploaded-files/ч.2вєр6.pdf> (Accessed 05.08.2025).

UDC: 598.2:504.5(477.54)

THE ROLE OF LANDSCAPE CONDITIONS IN THE FORMATION OF ORNITHOFAUNISTIC COMPLEXES ALONG THE POWER LINES IN KHARKIV REGION

Egorov V.

We analyzed the effect of electric and magnetic fields (EMF) created by power transmission lines (TL) on birds of the Kharkiv region. The main goal was to study the relationship between the intensity of EMF and the species diversity of birds in different landscape conditions. Four control sites were selected, covering power lines of three voltage classes (0.4 kV, 35 kV and 330 kV), located in agricultural landscapes, meadows and mosaic biotopes. Field studies were conducted during the spring-summer period of 2024. The impact of EMF under power lines of different voltages (0.4 kV, 35 kV and 330 kV) was measured using the ANENG-GN902 device. The diversity of bird species was assessed using the Shannon (H) and Simpson (1–D) indices, and the similarity between sites was analyzed using a dendrogram built on the basis of the Braith-Curtis coefficient. The total number of recorded bird species was 108. The censuses were conducted by the route method with the recording of all birds registered visually and acoustically. At the same time, the species composition of birds was determined more by the specifics of landscape conditions than by the level of EMF intensity. The maximum values of biodiversity were recorded in areas with mosaic biotopes and water bodies ($H = 3.357$; $1-D = 0.9352$), where high structural diversity of the environment provided the largest number of ecological niches. While the lowest values were observed in agricultural landscapes with high anthropogenic load ($H = 1.712$; $1-D = 0.5758$), where the dominance of monocultures and intensive economic activity limit the species composition. The dendrogram showed high similarity between areas with similar natural characteristics regardless of the voltage of the power line, confirming that the landscape factor is dominant in the formation of avifauna compared to the intensity of EMF. The obtained data indicate that the impact of EMF on birds is multifactorial in nature, which depends not only on the physical parameters of the field, but also on the general ecological conditions of the territory. Thus, environmental management along power line routes should prioritize measures to preserve and restore biotopic diversity, rather than focusing solely on limiting the physical impact of the field. These results can serve as the basis for developing technologies in power line design and modernization, such as wire marking, routing optimization, and preservation of important habitats.

Key words: power lines, electromagnetic field, avifauna, species diversity, Kharkiv region, landscape conditions, mosaic biotopes.