ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ЕКОСИСТЕМНЕ БІОРИЗНОМАНІТТЯ**Б. В. Троян, О. А. Сакун**

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: oksanaansakun@gmail.com

Проаналізовано результат дослідження негативного впливу електромагнітного поля на біоту. Визначено найбільш чутливі до впливу даного стрес-фактору системи організму в умовах недосконалого нормування магнітного поля для людини та об'єктів природно-заповідного фонду на законодавчому рівні. Обговорюються результати вимірів параметрів електромагнітного поля на об'єктах дослідження. Описано біорізноманітність екосистем об'єктів природно-заповідного фонду м. Кременчука та Кременчуцького району з використанням уніфікованої класифікації. Охарактеризовано зміни в екосистемах, зумовлені дією хвильового забруднення.

Ключові слова: екосистема, електромагнітне випромінювання, індукція магнітного поля.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЭКОСИСТЕМНОЕ РАЗНООБРАЗИЕ**Б. В. Троян, О. А. Сакун**

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: oksanaansakun@gmail.com

Проанализированы результаты исследований негативного влияния электромагнитного поля на биоту. Определены наиболее чувствительные к воздействию этого стресс-фактора системы организма в условиях несовершенного нормирования магнитного поля для человека и объектов природно-заповедного фонда на законодательном уровне. Обсуждаются результаты измерений параметров электромагнитного поля на объектах исследования. Описано биоразнообразие экосистем объектов природно-заповедного фонда г. Кременчуг и Кременчугского района с использованием унифицированной классификации. Охарактеризованы изменения в экосистемах, обусловленные воздействием волнового загрязнения.

Ключевые слова: экосистема, электромагнитное излучение, индукция магнитного поля.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Варіанти впливу електромагнітного випромінювання (ЕМВ) на біологічні системи (БС), зокрема людину, різноманітні: безперервний і переривчастий, загальний і місцевий, комбінований від декількох джерел і поєднаний з іншими несприятливими факторами середовища. Ряд ефектів електромагнітних хвиль реалізуються при дуже низьких рівнях впливу, коли підвищення температури в опромінюваних тканинах або незначне або повністю відсутнє [1]. Механізм біологічного впливу потужних електромагнітних імпульсів є не тепловим, оскільки при дуже малих тривалостях імпульсів істотного підвищення температури в опромінюваних об'єктах бути не повинно [2]. Уцілому фахівці виділяють чотири фізіологічні системи органів людини, які найбільше піддаються дії ЕМВ: нервову систему, імунну, ендокринну й статеву. Звідси діапазон захворювань широкий – від функціональних розладів центральної нервової системи до розвитку пухлин і лейкозів.

Механізм поглинання енергії БС досить складний [3]. ЕМВ є головною причиною «синдрому хронічної втоми». Під дією ЕМВ можуть виникати галюцинації. Висока чутливість нервової системи може бути зумовлена фізико-хімічними змінами на рівні мембрани [4]. З порушенням нейроендокринної регуляції пов'язують ефект з боку серцево-судинної, кровоносної системи, імунітету, обмінних процесів, репродуктивної функції та ін.. Вплив на імунну систему виражається в зниженні фагоцитарної активності сироватки крові, порушенні білкового обміну, пригніченні Т-лімфоцитів, зниженні реакцій процесів збудження, зменшенні активності гіпоталамуса. Можливі зміни частоти пульсу, судинних реакцій [5].

З ЕМВ пов'язують і процес акселерації. Установлено, що клінічні прояви впливу радіохвиль найбільш часто характеризуються астеничними, анто-вегетативними і гіпоталамічними синдромами:

1. Астеничний синдром спостерігається на початкових стадіях захворювання і проявляється скаргами на головний біль, підвищену стомлюваність, дратівливість, порушення сну, періодично виникають болі в області серця.

2. Астено-вегетативний синдром, синдром нейроциркулярної дистонії характеризується ваготонічною спрямованістю реакцій (гіпотонія, брадикардія, тощо).

3. При гіпоталамічному синдромі хворі підвищено збудливі, емоційно лабільні, в окремих випадках проявляються ознаки раннього атеросклерозу, ішемічної хвороби серця, гіпертонічної хвороби.

Поля надвисоких частот можуть впливати на очі, призводити до виникнення катаракти (помутніння кришталика), а помірних – до зміни сітківки ока за типом ангіопатії. Багаторазові опромінення малої інтенсивності можуть призводити до стійких функціональних розладів, стійких нервово-психічних захворювань, зміни кров'яного тиску, уповільнення пульсу, трофічних явищ (випадання волосся, ламкості нігтів і т.п.). ЕМВ промислової частоти в організмі людини викликають різноманітні біологічні ефекти: стимуляцію росту кісток, регенерацію нервової тканини, зміни біохімічних процесів у клітині [3]. Інтенсивні ЕМВ викликають у працюючих порушення функціонального стану центральної нервової системи, серцево-судинної й ендокринної системи, порушуються нейрогуморальна реакція, статеві функції, збільшується ймовірність розвитку природженої тератології. Також спостерігаються підвищена стомлюваність, млявість, зниження точності

рухів, зміна кров'яного тиску і пульсу, виникнення болів у серці (зазвичай супроводжується аритмією), головні болі. В умовах тривалого професійного опромінення з періодичним перевищенням гранично-допустимих рівнів у частини людей відзначали функціональні зміни в органах травлення, що проявляються зміною секреції і кислотності шлункового соку, а також у явищах дискінезії кишечника.

Роботи англійських учених довели, що у ряду алергиків під дією поля ліній електропередач (ЛЕП) розвивається реакція за типом епілептичної. Подібний зв'язок між раком і проживанням дорослих в умовах опромінення низькочастотним ЕМВ встановлений не був. Є дані, що втрата пам'яті, хвороби Паркінсона та Альцгеймера, аміотрофічний склероз, СНІД, синдром раптової смерті ззовні здорової дитини, зростання кількості самогубств безпосередньо пов'язані з впливом ЕМВ [6]. Ще одним наслідком впливу ЕМВ на людину є синдром раннього старіння організму [7]. Давидов Б.І., Девятков В.В. та Чернов З.С. продовжили розгляд даної проблеми, Н.П. Залюбовська виявила зниження плодючості дрозофіли, а також зростання її смертності у зв'язку зі збільшенням часу експозиції хвиль міліметрового діапазону [8]. Ряд авторів установив зниження плодючості *Drosophila melanogaster* у випадку впливу спектром короткохвильового випромінювання на стадії личинки [9]. В однорідному магнітному полі спостерігається загибель дрозофіл. Відома негативна дія ЕМП на теплокровних тварин. Ряд авторів вважають, що механізм дії слабого ЕМВ однозначно визначається просторово-часовими градієнтами поля [10], інші пов'язують посилення магнітобіологічних ефектів зі збільшенням просторовочасової неоднорідності ЕМВ і при їх інтерпретації радять враховувати перепад напруженості.

У ході тривалої лікувальної практики знайдено «частотні вікна», в яких електромагнітобіологічний ефект виражений помітно більш яскраво. Наприклад, встановлено, що вплив магнітних полів з частотою альфа-ритму електроенцефалограми людини (8 ... 14 Гц) надають істотно більш сильний вплив, ніж інші частоти з тією ж інтенсивністю [11]. Тому у ряді магнітотерапевтичних апаратів, що випускаються передбачений режим роботи з частотою 12,5 Гц. Найчастіше в практиці використовуються синусоїдальне і пульсуюче магнітні поля з частотою промислової мережі 50 Гц.

У [12] досліджено особливості розвитку збудника туберкульозу при дії ЕМВ антропогенного походження за умов *in vitro*. Показано, що мікроструктура збудника туберкульозу після оброблення неіонізуючим опроміненням не порушується, а репродуктивна активність зростає, що підтверджується результатами культуральних досліджень і електронною та комп'ютерною мікроскопією.

Досліджено вплив електромагнітних полів за різних режимів опромінювання на активність оксидоредуктаз видів базидіоміцетів *Agrocybe cylindracea*; *Pleurotus ostreatus* та *Fistulina hepatica* в культурі [13]. Встановлено, що рівень активності досліджуваних ферментів вірогідно залежить від частоти,

потужності та тривалості дії електромагнітного поля. Зафіксовано позитивний вплив електромагнітного поля з частотою 27,12 Гц, потужністю 70 Вт. При довгостроковій дії застосованих режимів опромінення встановлена здатність до адаптації грибних культур [14].

Визначено параметри електромагнітного поля передпосівної електростимуляції насіння сільськогосподарських культур, виявлено, що схожість обробленого насіння зростає на 25–30 % порівняно із традиційною [15].

Аналіз емпіричних закономірностей учених показує, що біологічні ефекти слабких полів недостатньо досліджені, незрозуміла їх енергетична взаємодія з речовиною живих тканин.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Для визначення індукції магнітного поля застосовувався тестер електромагнітного поля – магнітометр ТМ–191. Дослідження ґрунтувалися на використанні авторської методики визначення ступеня негативного впливу ЕМВ на біоту [16] та з урахування уніфікованої класифікації екосистем [17].

Проведено вивчення змін екосистем на території об'єктів природно-заповідного фонду м. Кременчука та Кременчуцького району, а саме: Кременчуцьких плавнів, Придніпровського парку, Широкої Балки та Біловагівських боліт.

Регіональний ландшафтний парк «Кременчуцькі плавні» завдяки природно-географічним умовам знаходиться у нежилій зоні міста Кременчука та Кременчуцького району, за виключенням південної частини Білецьківських плавнів, що межують з с. Стара Білецьківка та с. Чечелеве. Даний фактор сприяє відсутності сильного антропогенного забруднення, зумовленого фізичними чинниками.

Кременчуцькі плавні характеризуються високою ландшафтно-ценотичною репрезентативністю у межах Середнього Придніпров'я, яскраво відбиваючи азональні заплавні ландшафти, частково борові. На території парку представлені типові для регіону ценотично і флористично багаті заплавні комплекси – ліси (вербняки, тополевики, притерасні вільшняки), луки – сухі піщані, справжні та заболочені, болота – високотравні та низькотравні (осокові), прибережно-водні та водні угруповання (рис. 1, 2).

Пануюче місце в РЛП (45,5 %) належить перезволоженим екосистемам, що зумовлено наявністю великих територій заплави. Друге місце посідають екосистеми антропогенного походження, що пояснюється великим рекреаційним навантаженням [17]. Істотний вплив на природні екосистеми має потужна техногенна і антропогенна трансформація прилеглих до території парку екосистем. Закономірним є третє місце (31,3 %), яке займають екосистеми стоячих і проточних континентальних водойм, що зумовлено наявністю величезних площ акваторії парку (до 60 %). Високою на території парку є репрезентативність (28,6 %) трав'янистих і чагарниково-трав'янистих екосистем мезофітного типу, що формуються в умовах достатнього зволоження (четверте місце).

Рисунок 1 – Екосистемна різноманітність регіонального ландшафтного парку «Кременчуцькі плавні»

Рисунок 2 – Екосистеми Кременчуцьких плавнів

Гідрологічний заказник місцевого значення «Біловагівський» являє собою частину локальних екологічних коридорів, розташованих у заплавах річок Сухий Кагамлик та Крива Руда. ЛЕП, які проходять повз територію заказника, змінюють природний електромагнітний фон, підвищуючи рівні індукції магнітного поля до 1,55 мкТл, що у 7,75 р. перевищує існуючі європейські стандарти [18]. Ще одним техногенним джерелом екологічної небезпеки, зу-

мовленої відразу двома фізичними чинниками є залізнична колія. ЕМВ при проходженні електроавтобусів перевищує норму у 10–80 разів, з урахуванням явища намагнічування колії.

На території Біловагівського заказника можна виділити основні біогеоценози, такі як водний, болотний та амфіценози: водноболотний, прибережно-водний та лісоболотний (рис. 3, 4).

ВОДНІ І ПРИБЕРЕЖНІ ЕКОСИСТЕМИ

2. Екосистеми стоячих і проточних континентальних водоймищ

21. Стоячі прісні водоймища

21.1 Профундальна зона (глибше 8 м)

21.2. Літоральна зона

21.21. Зона вільноплаваючих макрофітів

21.22. Зона занурених рослин

21.23. Зона рослин з плаваючим на поверхні листям

21.24. Зона прибережно-водних рослин

22 Стоячі солонуваті водоймища

22.2 Літоральна зона

23 Проточні водоймища, в яких відсутні макрофіти

23.1. Річки

23.12. Річкові річки з рівномірною течією

23.14. Струмки

23.15. Джерела

24. Береги річок, що не мають рослинності

24.1. Абразивного походження

24.2. Акумулятивного походження

24.21. З відкладеннями піску

24.22 З відкладеннями гравію

24.23. Антропогенно змінені.

3. Презволожені екосистеми

31. Презволожені з акумуляцією органіки (торфу)

31.1 Верхові (оліготрофні) болота

31.13 Травянисто-чагарникові сфагнові

31.2 Перехідні (мезотрофні) болота

31.23 Локальні болота-блюдця на борових тераах Лісостепу

31.3 Низинні (евтрофні) болота

31.31. Лісові (з домінуванням *Alnus glutinosa*)

31.32. Чагарникові (з домінуванням *Salix cinerea*)

31.33. Високотравні (з домінуванням *Phragmites australis* і ін.)

31.34. Осокові (з домінуванням *Carex sp.sp.*)

31.35. Осоково-гіпнові

32. Презволожені на алювіальних (мінеральних) ґрунтах

32.1. Прибережно-водні екосистеми, що формуються під безпосередньою дією води і сезонного зволоження, що різко змінюється.

32.11. Високотравні

32.12. Низькотравні

32.2 Заболочені луки та лугові болота на торфино-мулистих ґрунтах

32.3. Береги і днища водоймищ, що оголюються в результаті змін рівня води

34. Переосушені торф'яники

Рисунок 3 – Екосистемна різноманітність Біловагівського заказника

Водні і прибережні екосистеми характеризуються низьким рівнем організації, слабкою структуризацією, високою диференціацією біоценотичного блоку, унаслідок чого енергія не концентрується, а

завдяки водному середовищу розсіюється і переміщується на значні відстані. Найбільше поширення мають підводні угруповання занурених видів, прикріплених до дна – *Ceratophyllum demersum*,

Myriophyllum spicatum, *Potamogeton lucens*, *Potamogeton crispus*. Із ценозів видів з вільноплаваючим листям поширені угруповання *Hydrocharis morsus-ranae*. Трапляються також угруповання *Nymphaeaceae* – частіше *Nuphar lutea*, зрідка *Nymphaea alba*.

Прибережно-водна рослинність парку є більш різноманітною та флористично багатшою, ніж водна. Ці угруповання трапляються на всій території, утворюючи смуги вздовж заток та проток. Переважають угруповання *Typha angustifolia* та *Typha latifolia*, *Phragmites communis*. Трапляються угруповання

Glyceria maxima, *Carex acuta*, відмічені ценози *Typha laxmannii* та *Scirpus sylvaticus*. В угрупованнях прибережно-водної рослинності зустрічаються малопоширені в регіоні бореальні види, такі як *Cicuta virosa*, *Hottonia palustris*, *Lysimachia thyrsiflora*. Частіше зустрічаються болотисті луки з переважанням *Carex acuta* та *Glyceria maxima*, переважають заболочені вільшняки з домінуванням *Carex riparia*, наявністю пристовбурних підвищень та заболочених знижень.

Рисунок 4 – Екосистеми заказника «Біловагівські болота»

Фізико-географічне положення ландшафтного заказника «Широка Балка» зумовило віддаленість території від техногенно навантажених селітебних зон. На даній території, можна виділити екосистеми, які представлено на рис. 5.

Флора та фауна листяних лісів і степів тут межує з представниками селітебних екосистем (поруч зна-

ходяться сільськогосподарські поля). Природний рівень ЕМВ становить 0,02–0,03 мкТл, що навіть менше європейських нормативів [18]. Від ЛЕП рівень зростає до 1 мкТл. Установлено, що заказник «Широка Балка» є одним з екологічно безпечних об'єктів ПЗФ регіону дослідження.

ТРАВ'ЯНИСТІ ЕКОСИСТЕМИ
<ul style="list-style-type: none"> • 5. Трав'янисті і чагарниково-трав'янисті екосистеми ксерофітного типу, що формуються в умовах недостатнього зволоження • 51. Степи • 51.1. Лугові різнотравно-злакові степи • 51.11. Різнотравно-ковильні (з домінуванням <i>Stipa sp. sp</i>) • 51.12. Різнотравно-типчакові (з домінуванням <i>Festuca valesiaca</i> і ін.) • 51.13. Різнотравно-низькоосокові (з домінуванням <i>Carex humilis</i> і ін.)

ФАНЕРОФІТНІ ЕКОСИСТЕМИ
<ul style="list-style-type: none"> • 7. Екосистеми з домінуванням фанерофітів (лісові, рідколісні, чагарникові) • 71. Хвойні ліси та рідколісся • 71.2. Світлохвойні бореальні ліси • 71.22. Азональні соснові ліси борових терас Лісостепу та Степу • 72. Листяні ліси ненормального типу • 72.1. Дубові ліси • 72.11. Грабово-дубові та грабові ліси Правобережжя • 72.12. Липово-дубові ліси Лівобережжя • 72.4. Кленові ліси (<i>Acer pseudoplatanus</i>) • 72.5. Ясеневі ліси (<i>Fraxinus excelsior</i>) • 72.6. Вязові ліси (<i>Ulmus sp.</i>) • 72.7. Вільхові ліси (<i>Alnus sp.</i>) • 74. Гігрофітні лісові екосистеми • 74.1. Гігрофітні ліси вільхи клейкої • 74.2. Гігрофітні ліси вільхи сірої • 74.4. Заплавні ліси вербові і вербово-тополинні на прируслових валах, пониженнях і мулистих ґрунтах • 75. Піонерні лісокущові угруповання • 75.1. Піонерні ліси і чагарники мезофітного типу • 75.12. В'яз (<i>Ulmus campestris</i>) • 75.13. Крушиново-тернові • 75.3. Піонерні ліси і чагарники геміксерофітного типу • 75.32. Терна колючого • 76. Посадки лісів • 76.1. Листяних порід • 76.2. Змішаних

Рисунок 5 – Екосистемна різноманітність Широкої балки

Рисунок 6 – Екосистеми заказника «Широка балка»

Парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва місцевого значення «Придніпровський» знаходиться у межах промислового міста, є місцем відпочинку кременчужан, піддається сильному навантаженню.

Природний електромагнітний фон парку у середньому складає 0,02 мкТл. Дещо перевищені норми ЕМВ техногенного походження (0,4–0,7 мкТл) зареєстровано поблизу дороги з круговим рухом.

Незначні перевищення європейських нормативів ЕМВ зафіксовано поблизу атракціонів, у середині приміщення автодрому. Присутній ефект накладання електромагнітних полів, у результаті чого виникають зони зі значними рівнями індукції магнітного

поля далеко від джерел випромінювання. Перевищення норм майже у 16 р. виявлено поблизу щитків при роботі атракціонів «Кавові чашки» та «Клоун» (3,25 мкТл) та запуску двигунів (3,38–3,85 мкТл).

На основі існуючої класифікації екосистем Ю.Р. Шеляга-Сосонко та Я.П. Дідуха в інтерпретації В.В. Никифорова [17] на території парку можна виділити екосистеми, представлені на рис. 7.

Факт об'єднання об'єктом зон розважальної та паркового відпочинку з природою зумовив велику концентрацію джерел екологічної небезпеки техногенного походження, зумовленої фізичними чинниками порівняно з займаною загальною територією.

ФАНЕРОФІТНІ ЕКОСИСТЕМИ	СЕЛІТЕБНІ ЕКОСИСТЕМИ
<ul style="list-style-type: none"> • 7. Екосистеми з домінуванням фанерофітів (лісові, рідколісні, чагарникові). • 71. Хвойні ліси та рідколісся. • 71.2. Світлохвойні бореальні ліси. • 71.22. Азональні соснові ліси борових терас Лісостепу та Степу • 72. Листяні ліси ненормального типу. • 72.1. Дубові ліси. • 72.11 Грабово-дубові та грабові ліси • 72.12 Липово-дубові ліси • 72.4 Кленові ліси (<i>Acer pseudoplatanus</i>) • 72.5 Ясеневі ліси (<i>Fraxinus excelsior</i>) • 72.6 Вязові ліси (<i>Ulmus</i> sp.) • 72.7 Вільхові ліси (<i>Alnus</i> sp.) • 74. Гігрофітні лісові екосистеми. • 74.1. Гігрофітні ліси вільхи. • 74.2. Гігрофітні ліси вільхи сірої • 74.4. Заплавні ліси вербові і вербово-тополіні на прируслових валах, пониженнях і мулистих ґрунтах. • 75. Піонерні лісо-чагарникові угруповання. • 75.1. Піонерні ліси і чагарники мезофітного типу. • 75.11. Берези бородавчаті • 75.12. В'яза (<i>Ulmus campestris</i>). • 75.13. Крушиново-тернові. • 75.14. Ліщино-бузинові. • 75.2. Піонерні ліси і чагарники гігомезофітного типу. • 75.21. Вербові в заплавах. • 75.22. Верби гостролистої на пісках. • 75.3. Піонерні ліси і чагарники геміксерофітного типу. • 75.32. Терна колючого. • 75.34. Вишні степової. • 76. Посадки лісів. • 76.1. Листяних порід. • 76.2. Змішаних. • 76.3. Хвойних. 	<ul style="list-style-type: none"> • 8. Екосистеми антропогенного походження. • 81.22. Сформовані під впливом рекреації. • 81.3. Багаторічні насадження дерев і чагарників. • 81.32. Парки, сквери, ботанічні сади. • 81.33. Лісонасадження інтродукованих порід

Рисунок 7 – Екосистемна різноманітність Придніпровського парку

ВИСНОВКИ. Установлено, що серед антропогенних джерел забруднення об'єктів ПЗФ доміну-

ють транспорт та зони ліній електропередач (для всіх досліджуваних об'єктів), розважальні зони (для Придніпровського парку, Кременчуцьких плавнів).

За результатами досліджень визначено, що Придніпровський парк має найбільшу концентрацію джерел екологічної небезпеки, зумовленої фізичними чинниками, унаслідок чого є самим забрудненим за досліджуваними показниками об'єктом ПЗФ Кременчуцького району. Найбільший рівень EMD серед усіх об'єктів ПЗФ характерний для розважальної зони Придніпровського парку. Екологічно безпечним можна вважати лише ландшафтний заказник місцевого значення «Широка Балка», де рівень ЕМВ становить 0,02–0,3 мкТ, що відповідає європейським стандартам.

ЛІТЕРАТУРА

- Zablotskii V., Lunov O., Kubinova S., Polyakova T., Sykova E., Dejneka A. Effects of high-gradient magnetic fields on living cell machinery. *Journal of Physics D: Applied Physics*. 2016. Vol. 49.
- Ursache, M.; Mindru, G.; Creanga, D. E. The effects of high frequency electromagnetic waves on the vegetal organisms. *Romanian journal of physics*. 2009. Vol. 54, No 1-2. P. 133–145.
- Черный А. П., Никифоров В. В. Об электромагнитной совместимости электромеханических и биологических систем. *Инженерні та освітні технології в електротехнічних і комп'ютерних системах*: електрон. наук. фахове вид. 2013. № 1 (1). С. 140–149. URL: <http://eetecs.kdu.edu.ua>.
- Савченко В. В., Сиявський О. Ю. Вплив магнітного поля на дифузію молекул кисню через клітинну мембрану. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2014. Вип. 153. С. 74–75.
- Bahriye Sirav, Gaye Sezgin, Nesrin Seyhan. Extremely low-frequency magnetic fields of transformers and possible biological and health effects. *Electromagnetic Biology and Medicine*. 2014. Vol. 33, No 4. P. 302–306.
- Ковальова О. В. Вплив на організм людини електромагнітних полів антропогенного походження. *Вісник Запорізького національного університету*. 2009. № 2. С. 96–104.
- Ковалева А. В. Влияние электромагнитных полей и излучений на биообъекты. *Актуальні питання біології, екології та хімії*. 2009. № 1/1. С. 64–85.
- Нікітіна Н. Г., Баркевич В. А. Вплив електромагнітних випромінювань на здоров'я населення: науковий огляд. *Гігієна населених місць*. 2007. № 50. С. 209–214.
- Danica Dimitrijevič, Tatjana Savič, Marko Anpelkovič, Zlatko Proliž & Branka Janaj. Alternating magnetic field effects in drosophila. Extremely low frequency magnetic field (50 Hz, 0.5 mT) modifies fitness components and locomotor activity of *Drosophila subobscura*. *International Journal of Radiation Biology*. 2014. Vol. 90, No 5. P. 337–343.
- Томашевська Л. А., Кравчун Т. Є., Зарицька М. В., Лемешко Л. П., Медведєв С. В. Вплив магнітних полів промислової частоти на морфологічний склад крові щурів. *Гігієна населених місць*. 2013. Вип. 61. С. 405–411.
- Червінський Л. С., Книжка Т. С., Романенко О. І. Вплив електромагнітних полів на живі організми і механізми їх впливу. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2013. Вип. 141. С. 116–118.
- Власенко В. В., Власенко І. Г., Волянський А. Ю. Вплив електромагнітного поля антропогенного походження на адаптивний поліморфізм мікробактерій. *Аннали Мечниковського інституту*. 2011. № 4. С. 241–245.
- Волошко Т. Є., Федотов О. В. Вплив електромагнітних полів на активність оксидоредуктаз деяких видів базидіоміцетів. *Біологічний вісник Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького*. 2013. № 2. С. 45–56.
- Твердохліб І. О. Стимулююча дія електромагнітного поля на біосинтетичну активність мікроміцетів *Penicillium funiculosum* 18В та *Penicillium sclerotiorum* 8Н. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2014. Т. 20, № 4. С. 56–60.
- Лукач В. С., Кушніренко А. Г., Катюха А. А. Імітаційні моделі зв'язків "Електромагнітне поле – біологічний об'єкт" у електротехнології передпосівної стимуляції насіння. *Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти*. 2013. Вип. 1. С. 139–147.
- Сакун О. А. Визначення ступеня негативно-го впливу шуму та магнітного поля на тест-об'єкти. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2014. №3. С. 149–154.
- Никифоров В. В., Никифорова О. О., Сакун О. А. Огляд сучасних класифікацій екосистем. *Екологічна безпека*. 2011. № 1 (11). С. 44–49.
- Сакун О. А. Джерела техногенної екологічної небезпеки на території об'єктів природно-заповідного фонду регіону досліджень. *Екологічна безпека*. 2014. Вип. 2/18. С. 83–86.

EFFECTS OF THE ELECTROMAGNETIC RADIATION ON THE ECOSYSTEM BIOVARIETY

B. Troyan, O. Sakun

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: oksanaansakun@gmail.com

Purpose. To carry out the estimation of the influence of the electromagnetic pollution on biota with the further forecasting the state changes of the ecosystem for using in the ecological monitoring. **Methodology.** Theoretical studies are based on the application of logical analysis' methods and generalization. To assess the reliability of the results of experiments, The mathematical and statistical methods were used to assess the reliability of the results of the experiments. The state of electromagnetic pollution was investigated by measuring the magnetic field induction, using the author's technique, the limits of the harmfulness of the electromagnetic influence on the model organisms were determined. **Results.** It is confirmed that the level of the electromagnetic radiation more than 2.5 μ Tl in the long-term impact causes not only the behavioral changes, but also the genetic changes in the model organisms. It has been established that

among the anthropogenic pollution sources, transport (for all investigated objects) and entertainment zones (for the Pridniprovsky park, recreational zones of the RLP "Kremenchuk plavni"), and electrical transmission lines are dominant. Ecologically safe one can be considered only a landscape reserve of local value "Shiroka Balka", where the level of EMF is 0,02-0,3 mT, which corresponds to European standards. **Originality.** For the first time, the scientific principles of creating a unified classification of the ecosystems of the natural-protected territories of Kremenchuk and Kremenchutsky district, that have been changed due to the influence of the electromagnetic pollution, makes it possible to determine the appropriateness of the using the certain environmental measures. **Practical value.** The proposed gradation of the levels of environmental hazard under the influence of factors of the electromagnetic pollution provides the opportunity to conduct an express assessment of the state ecological safety of the recreational zone or the nature reserve areas. References 18, figures 7.

Key words: ecosystem, electromagnetic radiation, induction of a magnetic field.

REFERENCES

1. Zablotskii, V., Lunov, O., Kubinova, S., Polyakova, T., Sykova, E., Dejneka, A. (2016), "Effects of high-gradient magnetic fields on living cell machinery", *Journal of Physics D: Applied Physics*, vol. 49.
2. Ursache, M., Mindru, G., Creanga, D. E. (2009), "The effects of high frequency electromagnetic waves on the vegetal organisms", *Romanian journal of physics*, vol. 54, no 1-2, pp. 133-145.
3. Chornyi, A. P., Nikiforov, V. V. (2013), "On electromagnetic compatibility of electromechanical and biological systems", *Inzhenerni ta osviti tekhnolohiyi v elektrotekhnichnykh i komp'yuternykh systemakh: elektron. nauk. fakhove vyd* [Engineering and educational technologies in electrical and computer systems: electron. sciences professional view], pp. 140-149. URL: <http://eetecs.kdu.edu.ua>.
4. Savchenko, V. V., Sinyavsky, O. Yu. (2014), "Influence of the magnetotonic field on the diffusion of oxygen molecules through a cell membrane", *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu sil'skoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka* [Bulletin of Kharkiv National Technical University of Agriculture named after Petr Vasilenko], no 153, pp. 74-75.
5. Bahriye, S., Gaye, S., Nesrin, S. (2014), "Extremely low-frequency magnetic fields of transformers and possible biological and health effects", *Electromagnetic Biology and Medicine*, vol. 33, no 4, pp. 302-306.
6. Kovaleva, O. V. (2009), "Influence on the human body of electromagnetic fields of anthropogenic origins", *Visnyk Zaporizkoho natsionalnoho universytetu* [Bulletin of the Zaporizhzhya National University], no. 2, pp. 96-104.
7. Kovaleva, O. V. (2009), "Influence of electromagnetic fields and radiation on bioobjects", *Aktual'ni pytannya biolohiyi, ekolohiyi ta khimiyi* [Topical studies of biology, ecology and chemistry], no 1/1, pp. 64-85.
8. Nikitina, N. G., Barkevych, V. A. (2007), "Effect of Electromagnetic Radiation on the Health of the Population", *Hihiyena naselenykh mist* [Hygiene of populated places], no. 50, pp. 209-214.
9. Dimitrijevič, Danica, Savič, Tatjana, Anpelkovič, Marko, Prolič, Zlatko, Janaj, Branka (2014), "Alternating magnetic field effects in drosophila. Extremely low frequency magnetic field (50 Hz, 0.5 mT) modifies fitness components and locomotor activity of *Drosophila subobscura*", *International Journal of Radiation Biology*, vol. 90, no 5, pp. 337-343.
10. Tomashevskaya, L. A., Kravchun, T. Ye., Zaritskaya, M. V., Lemeshko, L. P., Medvedev, S. V. (2013). "Influence of magnetic field of industrial frequency on morphological composition of blood of rats", *Hihiyena naselenykh mist* [Hygiene of populated places], no. 61, pp. 405-411.
11. Chervinsky, L. S., Knuzka, T. S., Romanenko, O. I. (2013), "Influence of electromagnetic fields on living organs and mechanisms of their influence", *Visnyk Kharkivskoho natsional'noho tekhnichnoho universytetu sil'skoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka* [Bulletin of the Kharkov National Technical University of Agriculture named after Petr Vasilenko], no. 141, pp. 116-118.
12. Vlasenko, V. V., Vlasenko, I. G., Volyanskii, A. Yu. (2011), "Influence of Anthropogenic Electromagnetic Field on Adaptive Microbacterial Polymorphism", *Annali Mechnikovskogo Institutu* [Annals of the Mechnikov Institute], no. 4, pp. 241-245.
13. Voloshko, T. Ye., Fedotov, O. V. (2013), "Influence of electromagnetic fields on oxidoreductase activity of some types of basidiomycetes", *Biologichnyi visnyk Melitopolskogo derzhavnogo pedagogichnogo universytetu im. Bohdana Hmel'nitskogo* [Biological Bulletin of the Melitopol State Pedagogical University named after Bogdan Khmelnytsky], no. 2, pp. 45-56.
14. Tverdokhlib, I. O. (2014), "Stimulating effect of an electrochemical field on the biosynthetic activity of *Penicillium funiculosum* 18B and *Penicillium sclerotiorum* 8H micromycetes", *Naukovy praci natsionalnoho universytetu harchovih tehnologiy* [Scientific works of the National University of Food Technologies], no. 4, pp. 56-60.
15. Lukacs, V. S., Kushnirenko, A. G., Katyukha, A. A. (2013), "Imitation models of the connections «Electromagnetic field – a biological object» in the electrotechnology of pre-planting seed stimulation", *Journal of the Ukrainian Department of the International Academy of Agrarian Education*, no. 1, pp. 139-147.
16. Sakun, O. (2014), "Determination of the affect rate of noise and magnetic field on a test object", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, no. 3, pp. 149-154.
17. Nikiforov, V., Nikiforova, O., Sakun, O. (2011) "Review of the modern classification of ecosystems", *Ecological safety*, № 1 (11). Pp. 44-49.
18. Sakun, O. (2014) "Sources of man-made environmental hazards at the territory of the natural protected fund of the regional researches", *Ecological safety*, № 2/18. Pp. 83-86.

Стаття надійшла 15.10.2018.