

Омельченко О. В., канд. техн. наук¹
Заїкіна Д. П., асистент¹
Гейер Г. В., д-р екон. наук, професор¹
Абрамова О. В., студент¹

¹ Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, м. Кривий Ріг, Україна, e-mail: omelchenko@donnuet.edu.ua

**СУЧАСНІ ПРИНЦИПИ І ЗАСОБИ ЗАХИСТУ ПРАЦІВНИКІВ
ВІД НЕІОНІЗУЮЧИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ
І ЕЛЕКТРИЧНИХ ПОЛІВ**

UDK 331.45:535-1/-3 (045)

Omelchenko O. V., PhD in Engineering sciences¹
Zaikina D. P., Assistant Professor¹
*Heiier H. V., Grand PhD in Economy sciences,
Professor¹*
Abramova O. V., Student¹

¹ Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Kriviy Rig, Ukraine, e-mail: omelchenko@donnuet.edu.ua

**ANALYSIS OF WAYS TO PROTECT EMPLOYEES FROM NON-IONIZING
ELECTROMAGNETIC RADIATION AND ELECTRIC FIELDS**

Мета — оцінити наслідки впливу електромагнітних випромінювань на організм працівників, і розглянути сучасні матеріали і способи захисту працівників від неіонізуючих електромагнітних випромінювань та електричних полів.

Методи. Для досягнення поставленої мети використано методи наукового дослідження, що містять узагальнення та аналіз літературних джерел; методи системного аналізу.

Результати. Метою огляду було вивчення проблеми впливу електромагнітного випромінювання на працівників. Розглянуто сучасні способи захисту працівників від неіонізуючих електромагнітних випромінювань та електричних полів. Обґрунтовано, що вибір методів і засобів захисту від впливу електромагнітних полів і випромінювань залежить від виду прояву випромінювання та багато в чому визначається характеристиками джерел за частотою. Варіюючи взаємним розташуванням небезпечних зон і зон перебування працівників у просторі, можна істотно впливати на вирішення завдань із захисту персоналу та виробничого середовища від негативного впливу неіонізуючих електромагнітних випромінювань і електричних полів. Зроблено висновок про те, що електромагнітні екрани є найбільш ефективним засобом вирішення проблем електромагнітної безпеки і електромагнітної екології. Таким чином, застосування якісних екранів дозволяє вирішувати завдання персоналу від підвищеного рівня електромагнітних полів і забезпечення сприятливої екологічної обстановки навколо діючих установок та інших пристроїв. Крім цього, наголошено, що важливим способом забезпечення екранування є прогнозування коефіцієнтів екранування з використанням розрахункових методів і моделювання. Отримані результати спрямовані на подальші дослідження щодо забезпечення ефективних заходів задля захисту персоналу від впливу неіонізуючих електромагнітних випромінювань та електричних полів.

Ключові слова: неіонізуючі електромагнітні випромінювання, електричні поля, електромагнітне забруднення виробничого середовища, принципи і засоби захисту працівників, електромагнітна безпека, електромагнітна екологія.

Постановка проблеми. Теплові апарати, які використовуються на підприємствах, є джерелами інфрачервоного випромінювання (ІЧ-випромінювання). За фізичною природою інфрачервоні випромінювання являють собою електромагнітні хвилі і потік

Надійшла до редакції 10.04.2019 р.

© О. В. Омельченко, Д. П. Заїкіна,
Г. В. Гейер, О. В. Абрамова, 2020

квантових фотонів. Ефект дії інфрачервоних випромінювань на людину залежить від довжини хвилі. Короткохвильове інфрачервоне випромінювання з довжиною хвилі від 0,76 до 1,4 мкм має велику здатність проникати крізь шкіру. Довгохвильове інфрачервоне випромінювання з більшою довжиною хвилі поглинається переважно в епідермісі, видиме — кров'ю в шарах дерми і підшкірної жирової клітковини. Поглинання інфрачервоних променів різними шарами шкіри призводить до їхнього нагрівання. Внаслідок цього можливо порушення теплового балансу організму людини. Інфрачервоні випромінювання негативно впливають на функціональний стан центральної нервової системи, викликають зміни в серцево-судинній системі. Вплив інфрачервоних випромінювань на очі викликає часто кон'юнктивіти, помутніння роговиці, спазм зіниць, помутніння кришталика, опік сітківки, «снігову» сліпоту. У разі опромінення очей випромінюваннями інтенсивністю понад 4,2 кВт/м² температура роговиці може досягати 40 °С та більше. Постійна дія такого випромінювання на очі викликає професійне захворювання — катаракту. Відтак проблема забезпечення електромагнітної безпеки працівників становить дедалі актуальною через зростаюче електромагнітне забруднення виробничого середовища і підвищення у зв'язку із цим ризику погіршення здоров'я.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблематиці захисту працюючих від неіонізуючих електромагнітних випромінювань та електричних полів присвячено багато досліджень. Більшість із них стосується впливу саме зовнішніх джерел на електромагнітну обстановку у виробничому середовищі.

Таким чином, раніше опубліковані напрацювання вчених з даної проблематики [1–9] наголошують, що при захисті від неіонізуючих електромагнітних випромінювань та електричних полів на персонал, основними методами зниження рівня їх впливу є зменшення енергетичних параметрів у джерелі, оптимальна орієнтація джерела коливання щодо об'єкта впливу, поглинання частини енергії коливальних, що генерується, зменшення енергії коливальних на шляху їх поширення від джерела ізоляцією, екрануванням і демпфіруванням, захистом відстанню і часом, проведенням відповідних організаційно-технічних і соціально-реабілітаційних заходів. Отже, розглянемо їх докладніше.

Мета статті — оцінити наслідки впливу електромагнітних випромінювань на організм працівників і розглянути сучасні матеріали і способи захисту працівників від неіонізуючих електромагнітних випромінювань та електричних полів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Під дією інфрачервоних випромінювань виникають гострі і хронічні захворювання. Відчуття розслабленості і зниження уваги працівників, що знаходяться в зоні теплового променевого потоку, можуть бути непрямою причиною виробничого травматизму [10].

Тепловий ефект впливу інфрачервоного випромінювання на людину залежить від багатьох чинників, серед яких: температура джерела випромінювання, його площа, кут падіння променів, площа поверхні, що опромінюється, тривалість опромінення, вид одягу.

Згідно з ДСН 3.3.6.042-99, ГОСТ 12.1.005-88, інтенсивність теплового опромінення працівників від нагрітих поверхонь технологічного устаткування, освітлювальних приладів, інсоляції на постійному і непостійному робочому місцях не повинна перевищувати 35 Вт/м² — у разі опромінення 50 % і більше поверхні тіла, 70 Вт/м² — за величини поверхні, що опромінюється, від 25 до 50 % і 100 Вт/м² — при опроміненні не більше ніж 25 % його поверхні. Для працівників у спецодязі норма ІЧ-випромінювання становить 100 Вт/м².

За наявності відкритих джерел випромінювання (нагрітий метал, відкрите полум'я) допускається інтенсивність опромінення до 140 Вт/м². У цьому випадку площа опромінення тіла працівника не повинна перевищувати 25 % загальної його поверхні — за умови обов'язкового використання засобів індивідуального захисту [10].

За наявності теплового опромінення температура повітря на постійних робочих місцях не повинна перевищувати зазначені в ДСН 3.3.6.042-99 і ГОСТ 12.1.005-88 верхні границі оптимальних значень для теплового періоду року (20...25 °С — залежно від важкості виконуваної роботи), на непостійних робочих місцях — верхні границі допустимих значень

для постійних робочих місць ($19...28^{\circ}\text{C}$ — залежно від періоду року і важкості виконуваної роботи) [10].

Для виключення теплових травм температура зовнішніх поверхонь технологічного обладнання або огорожуючих його пристроїв повинна бути не більше ніж 45°C .

Так, на рис. 1 зображено ізорадіаційні поверхні 100 Вт/м^2 біля робочої панелі пекарської шафи ЕШ-3М.

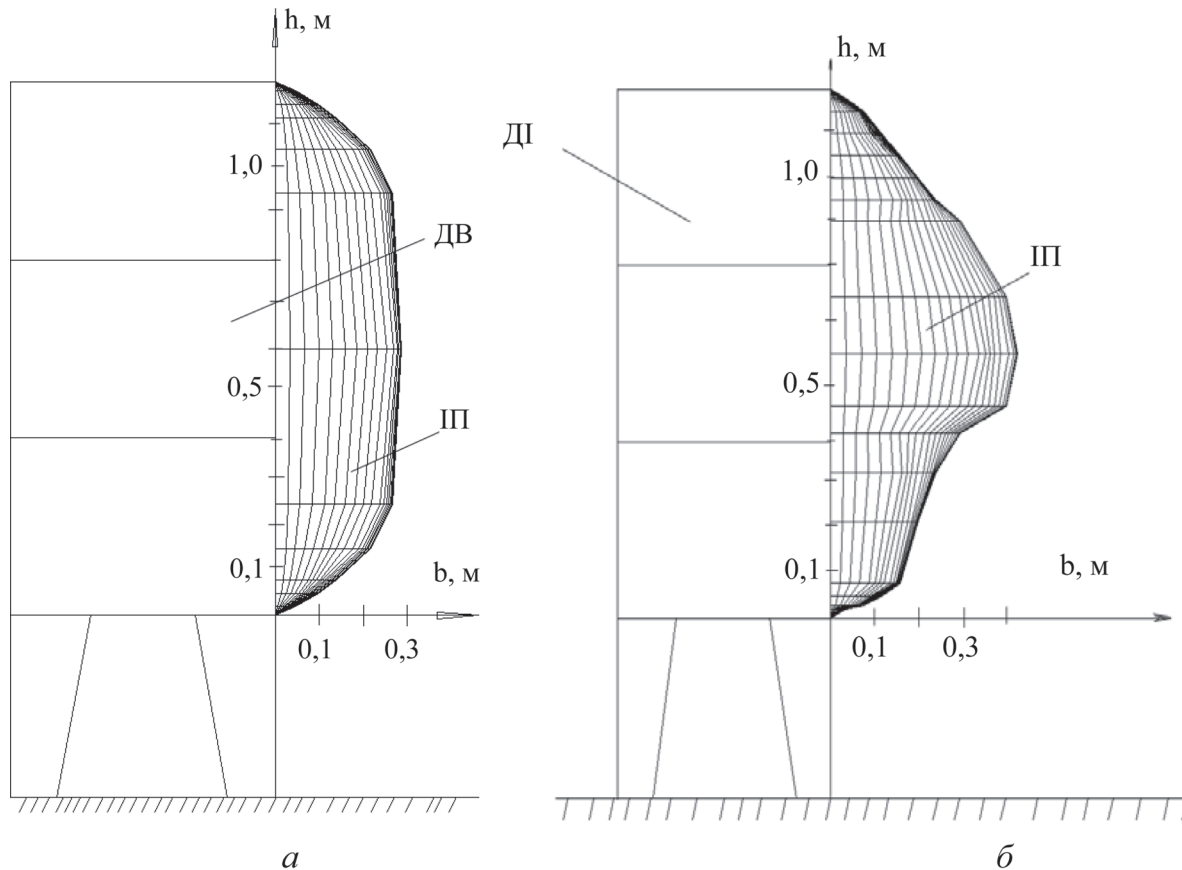


Рисунок 1 — Ізорадіаційна поверхня 100 Вт/м^2 біля передньої панелі пекарської шафи ЕШ-3М при закритих дверцятах (а) і відкритих середніх дверцятах (б): ДВ — джерело ІЧ-випромінювань; ІП — ізорадіаційна поверхня

Як видно, відкриття дверцят пекарської шафи для завантаження напівфабрикатів і вивантаження готової продукції деформує в цій області ізорадіаційну поверхню: зона підвищеної ІЧ-радіації збільшується тут на $0,25\text{ м}$. У цьому випадку працівник, який виконує технологічний процес, знаходиться в просторі з недопустимою інтенсивністю теплового випромінювання.

У гарячих цехах підприємств ресторанного бізнесу використовуються плити, відкрита жарова поверхня яких нагрівається під час роботи до температури в межах $350...450^{\circ}\text{C}$.

На рис. 2 показано тепловізійні зображення працівника, який знаходиться біля краю шестиконфорочної електричної плити ЕП-2М, жарова поверхня якої мала температуру 360°C , у різні моменти часу: при підході до неї, через 5; 10; 12,5; 15 хв перебування біля неї — фрагменти а, б, в, г, д відповідно [10].

Вимірювання температури у визначених пунктах теплообмінної поверхні тіла і візуалізація термограм здійснювалися через встановлені проміжки часу тепловізійним апаратурно-програмним комплексом «Кріонік-4М». Як видно, зі збільшенням часу перебування працівника біля електричної плити підвищується температура відкритих поверхонь його тіла і спецодягу (білий бавовняний халат), досягаючи небезпечних для здоров'я значень.

Таким чином, цілком очевидна необхідність захисту працівників від ІЧ-випромінювань.



Рисунок 2 — Тепловізійні зображення працівника в полі теплового випромінювання від жарової поверхні електроплити ЕП-2М в різні моменти часу

Вимоги до засобів колективного захисту від інфрачервоних випромінювань викладені в ГОСТ 12.4.123-83. «ССБТ. Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования». Захист від цих випромінювань забезпечують пристрої: огорожувальні; герметизуючі; теплоізолюючі; для вентиляції повітря; автоматичного контролю і сигналізації; дистанційного керування; знаки безпеки.

На практиці зниження інтенсивності теплового випромінювання на робочих місцях досягається застосуванням: різних екранів (водяні завіси, скло зі спеціальним покриттям, сітки, ланцюжки та ін.); теплоізоляційних матеріалів (азбест, скловата, комбіновані екра-

ни та ін.); водоповітряного душення при інтенсивності випромінювання понад 0,36 кВт/м²; індивідуальних засобів захисту (окуляри, костюми з вибіленої тканини та ін.). За постійної температури нагрітого тіла послабити дію теплового випромінювання на працівників можна шляхом зменшення площі випромінюючої поверхні і (або) збільшення відстані між джерелом випромінювання і робочим місцем [10].

У гарячих цехах підприємств ресторанного бізнесу з метою зниження тепловтрат і обмеження інтенсивності інфрачервоного випромінювання в робочій зоні жарова поверхня плит повинна бути максимально завантажена наплитним посудом. Для забезпечення нормального теплового самопочуття працівників слід передбачити повітряне душення в межах робочої зони. Ефективним засобом індивідуального захисту працівників від теплових випромінювань є халат з вибіленої тканини. Однак кисті рук і обличчя працівника знаходяться іноді в зоні інтенсивного тепловипромінювання.

Відповідно до Кодексу законів про працю України, працівники гарячих цехів і виробничих ділянок повинні бути забезпечені безкоштовно газованою солоною водою.

Безумовно, найефективніший спосіб захисту навколишнього середовища від теплових випромінювань — обмеження температури зовнішньої поверхні апаратів і, отже, — тепловтрат узагалі. Зменшення теплового забруднення навколишнього середовища може бути забезпечено застосуванням в устаткуванні ефективної теплоізоляції, використанням прогресивних технологій одержання, перетворення і використання енергії [10].

Ультрафіолетові випромінювання подразнюють на шкіру (виникають дерматити з дифузійною екземою, набряклість, печіння й сверблячка, інші захворювання), викликають ураження органів зору (фото- або електрофтальмія), впливають на центральну нервову систему (нервові порушення, підвищена стомлюваність, головний біль, запаморочення, підвищення температури тіла та ін.). Ультрафіолетова радіація змінює склад виробничої атмосфери: утворюються озон, оксиди азоту, перексид водню. Короткі ультрафіолетові промені, розчіплюючи газову молекулу атмосфери, іонізують повітря. При дії ультрафіолетових випромінювань на зважені в повітрі частки — аерозолі виникає фотоелектричний ефект. Наслідком хімічної й іонізуючої дії цих випромінювань на виробничу атмосферу є утворення в ній ядер конденсації вологи, що призводить до туманоутворення й, як наслідок, зменшення освітленості робочих місць [10].

Найбільш раціональний метод захисту від ультрафіолетових випромінювань — екранування їхніх джерел з використанням, наприклад, світлофільтрів.

Особливістю ультрафіолетових випромінювань є висока сорбційна здатність — їх поглинають більшість тіл. У зв'язку із цим неможливо розрахувати інтенсивність ультрафіолетової радіації на відстані від джерела, тому її тільки заміряють (використовуються прилади — уфіметри).

Працюючи, наприклад з ЕП, необхідно керуватися «Вимогами щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями».

Захист від електромагнітних полів радіочастот забезпечується екрануванням джерела випромінювання, екрануванням робочих місць, безпечною відстанню, обмеженням часу перебування людини в електромагнітному полі, застосуванням засобів індивідуального захисту [10]. У машинах і апаратах для захисту обслуговуючого персоналу від електромагнітних полів застосовуються екрани (цільні металеві, сітчасті, еластичні та ін.), екрановані камери, блокування (для заборони роботи установок при знятому огороженні, для автоматичного розряду конденсаторів під час відкривання дверцят блоку й автоматичного вмикання водоохолодження при подачі напруги).

Висновки. Таким чином, розроблені дотепер методи та засоби захисту від несприятливого впливу електромагнітних випромінювань і електричних полів дозволяють істотно знизити ризики погіршення здоров'я працівників. Разом з тим необхідно проведення подальших досліджень щодо вдосконалення гігієнічних регламентів, методів контролю ЕМВ на робочих місцях, методів оцінювання ефективності засобів колективного та індивідуального захисту.

Список літератури

1. Осокін В. В., Селезньова Ю. А. Охорона праці у торгівлі : підруч. для студ. вищ. навч. закл. Донецьк : ДонНУЕТ, 2008. 183 с.
2. Голінько В. І. Основи охорони праці : підручник. Дніпропетровськ: НГУ, 2014. 271 с.
3. Pal'tsev, Yu. P., Pokhodzey, L. V., Rubtsova, N. B., Perov, S. Yu., Bogacheva, E. V. (2013). The problem of studying the effect of electromagnetic fields on human health. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. no. 6, pp. 35–40.
4. Rubtsova, N. B., Faradzhev, V. I., Perov, S. Yu., Belaya, O. V. (2014). Providing individual protection of a person from the effects of electromagnetic fields. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. no. 16 (5-2), pp. 801–4.
5. Коваленко В. В., Тихенко О. М., Левченко Л. О. Пріоритетні напрями робіт із захисту працюючих від впливу електромагнітних випромінювань ультрависоких і вищих частот. *Вісник КрНУ ім М. Остроградського*. 2016. Вип. 5 (100). С. 98–105.
6. Коваленко, В. В., Тихенко, О. М. Методологія визначення захисних властивостей електромагнітних екранів. *Теорія і практика будівництва КНУБА*. 2015. Вип. 16. С. 11–14.
7. Tong, X. C. (2009). Advanced materials and design for electromagnetic interference shielding. CRS : Press, 342 p.
8. Ostrovskiy, O. S. (2003). Zashhytnue ekranu y poglotytely elektromagnytnux voln [*Shields and absorbers for electromagnetic waves*]. *Fyzycheskaya ynzhenerya poverxnosty* [Physical surface engineering], vol. 1, no. 2, pp. 161–173.
9. Sukach, S. V. (2015). *Elektromagnitni polya yak faktor vplyvu na mikroklimatychni parametry seredovyssha* [Electromagnetic fields as a factor of influence on microclimatic parameters of the medium]. *Elektromekhanichni ta enerhozberihaiuchi systemy* [Electromechanical and energy saving systems], no. 3, pp. 176–182.
10. Підприємства торгівлі. Будинки і споруди: Державні будівельні норми України від 19 січ. 2009 р.. URL : <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-267> (дата звернення: 03.02.2020).

References

1. Osokin, V. V., Seleznova, Yu. A. (2008) *Okhorona pratsi u torhivli* [Occupational health and safety in trade], Donetsk: DonNUET Publ., 2008. 183 p.
2. Holinko V. I. *Osnovy okhorony pratsi* [Fundamentals of occupational health and safety]. Dnipropetrovsk, NHU Publ., 2014. 271 p.
3. Pal'tsev, Yu. P., Pokhodzey, L. V., Rubtsova, N. B., Perov, S. Yu., Bogacheva, E. V. (2013). The problem of studying the effect of electromagnetic fields on human health. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. no. 6, pp. 35–40.
4. Rubtsova, N. B., Faradzhev, V. I., Perov, S. Yu., Belaya, O. V. (2014). Providing individual protection of a person from the effects of electromagnetic fields. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* [Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], no. 16 (5-2), pp. 801–4.
5. Kovalenko, V. V., Tykhenko, O. M., Levchenko, L. O. (2016). *Priorytetni napriamy robit iz zakhystu pratsiuiiuchykh vid vplyvu elektromahnitnykh vyprominiuvan ultravysokykh i vyshchyykh chastot* [Priority areas of work to protect workers from exposure to electromagnetic radiation of ultrahigh and high frequencies]. *Visnyk KrNU imeni Mykhaila Ostrohradskoho* [Bulletin of Mykhailo Ostrohradskyy KrNU], no. 5 (100), P. 98–105.
6. Kovalenko, V. V., Tykhenko, O. M. (2015). *Metodolohiia vyznachennia zakhysnykh vlastyvostei elektromahnitnykh ekraniv* [Methodology for determining the protective properties of electromagnetic screens]. *Teoriia i praktyka budivnytstva KNUBA* [Theory and practice of construction of KNUBA], no. 16, P. 11–14.
7. Tong, X. C. (2009). Advanced materials and design for electromagnetic interference shielding, CRS: Press, 342 p.
8. Ostrovskiy, O. S. (2003). Zashhytnue ekranu y poglotytely elektromagnytnux voln [*Shields and absorbers for electromagnetic waves*]. *Fyzycheskaya ynzhenerya poverxnosty* [Physical surface engineering], vol. 1, no. 2, pp. 161–173.

9. Sukach, S. V. (2015). *Elektromagnitni polya yak faktor vplyvu na mikroklimatychni parametry seredovyssha* [Electromagnetic fields as a factor of influence on microclimatic parameters of the medium]. *Elektromekhanichni ta enerhozberihaiuchi systemy* [Electromechanical and energy saving systems], no. 3, pp. 176–182.

10. *Pidpriemstva torhivli. Budynky i sporudy: Derzhavni budivelni normy Ukrainy vid 19 sich. 2009 r.* [Trade enterprises. Buildings and structures: State building codes of Ukraine from January 19, 2009]. Available at : <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-267>. (Accessed 03.02.2020).

Objective. *The purpose of the article is to assess the effects of electromagnetic radiation on the body of workers and review modern materials and methods of protection of workers from non-ionizing electromagnetic radiation and electric fields.*

Methods. *To achieve this goal, research methods are used, which include generalization and analysis of literature sources; methods of system analysis.*

Results. *The purpose of the review was to study the problem of the effects of electromagnetic radiation on workers. A review of modern methods of protecting workers from non-ionizing electromagnetic radiation and electric fields. It is substantiated that the choice of methods and means of protection against influence of electromagnetic fields and radiations depends on a kind of display of radiation and is in many respects defined by characteristics of sources on frequency. By varying the relative position of hazardous areas and areas of workers in space, you can significantly influence the solution of problems to protect personnel and the production environment from the negative effects of non-ionizing electromagnetic radiation and electric fields. It is concluded that electromagnetic screens are the most effective means of solving problems of electromagnetic safety and electromagnetic ecology. Thus, the use of high-quality screens allows to solve the problem of personnel from the increased level of electromagnetic fields and to ensure a favorable environmental environment around existing installations and other devices. In addition, it is emphasized that an important way to provide shielding is to predict shielding coefficients using calculation methods and modeling. The obtained results are aimed at further research to ensure effective measures to protect personnel from the effects of non-ionizing electromagnetic radiation and electric fields.*

Keywords: *non-ionizing electromagnetic radiation, electric fields, electromagnetic pollution of the production environment, principles and means of protection of workers, electromagnetic safety, electromagnetic ecology.*