

УДК 57.043 : 613.648.2

І.К.ГАЛЕТИЧ, канд. фіз.-мат. наук, Ю.І.ВЕРГЕЛЕС

Харківська національна академія міського господарства

**КОМПЛЕКСНИЙ ВПЛИВ ЗАБРУДНЕНЬ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО
ПОХОДЖЕННЯ НА СТАН ДОВКІЛЛЯ ВЕЛИКОГО МІСТА
(на прикладі світлового забруднення)**

Розглянуто теоретичні та методологічні положення досліджень впливу електромагнітних полів (ЕМП), що генеруються джерелами світла у великих містах, на довкілля та здоров'я людини. Проведені польові вимірювання параметрів освітленості на прикладі деяких магістралей та в житловій забудові у всіх адміністративних районах м.Харкова, зроблено висновки про рівень світлового забруднення міста.

Рассмотрены теоретические и методологические положения исследований воздействия электромагнитных полей (ЭМП), генерируемых источниками света в больших городах, на среду обитания и здоровье человека. Проведены полевые измерения параметров освещенности на примере некоторых магистралей и в зоне жилой застройки во всех административных районах г. Харькова, сделаны выводы об уровне светового загрязнения города.

Paper deals with theoretical and methodological backgrounds for studying the environmental and health impacts of electro-magnetic fields (EMF) generated by various sources of artificial and natural lighting. The parameters of lightening were measured on some main roads and in residential areas over the city of Kharkiv, Ukraine. The level of light pollution impact in that area was assessed against the environmental and human health parameters set by Ukrainian and WHO regulations.

Ключові слова: вплив електромагнітних полів, світлове забруднення, довкілля, здоров'я людини.

У місті, особливо багатонаселеному, як ніде зосереджується величезна кількість різноманітних джерел електромагнітного випромінювання, що безумовно впливає на його санітарно-гігієнічний стан. Обсяги електромагнітного забруднення настільки значні, що Всесвітня організація здоров'я включила дану проблему в число найбільш актуальних для людства [5, 6, 11].

У великих містах електромагнітний фон перевищує природний в десятки і сотні разів. Нас весь час оточують його джерела, – і вдома (електромережі, побутові прилади), і на вулиці (електротранспорт, базові станції, радары, лінії електропередач, теле- і радіостанції), і на роботі (комп'ютери та інші чинники).

Світло є електромагнітними хвилями в діапазоні довжин хвиль 0,4-0,8 мкм. Штучне освітлення може створювати так зване «світлове забруднення». Світлове забруднення – форма фізичного забруднення, порушення природної освітленості місцевості в результаті дії штучних джерел світла, здатні наводити до аномалій в житті рослин і тварин [5, 11, 12].

На відміну від інших електромагнітних забруднень світлове досить мало вивчено. Серйозну увагу даній проблемі стали приділяти всього декілька десятиліть тому. Першими про світлове забруднення повідомили астрономи – з-за надмірної освітленості багатонаселених міст вони не могли спостерігати за зірками [14].

У теоретичній світлотехніці введено поняття "світлового поля", оскільки людина сприймає навколишній світ за допомогою зору, який у свою чергу забезпечується існуванням світлових хвиль. Але, крім того «світлове поле» має величезний вплив на всю людину.

Також в результаті окремих досліджень було доведено негативний вплив надмірного штучного освітлення на здоров'я людини, життєдіяльність рослин і тварин. Першою країною, де законодавчо було обмежено світлове забруднення, стала Чехія. Пізніше до неї приєдналися Франція, США, остання з яких є головним «забруднювачем» планети.

У теперішній час в Україні не приділяється належної уваги проблемі світлового забруднення. Обізнаність населення про шкоду штучного освітлення в кращому разі поверхнева. У 2006 р. в Україні припинив чинність прийнятий ще в СРСР СНіП II-4-79, замість нього прийнято ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення» [7].

У багатьох випадках штучне освітлення міст здійснюється нерационально. При цьому на потреби освітлення йде за усередненими даними низки країн від 5 до 15% всієї споживаної електроенергії, а на зовнішнє освітлення 0,2-1,5% [2].

З цього вочевидь, що таке відношення до освітлення безпосередньо пов'язане із впливом на стан довкілля людини, адже в результаті виробництва електроенергії щорік викидаються мільярди тонн вуглекислого газу, двоокису сірки, двоокису азоту, інших промислових відходів, а також виснажуються природні ресурси. Отримана такою ціною електроенергія частково використовується недоцільно.

Таким чином, для запобігання прогресування даної проблеми необхідна реєстрація та доскональне вивчення сучасного стану світлового забруднення у нашій країні.

Дана робота присвячена оцінці рівня світлового забруднення та впливу його на стан довкілля великого міста (на прикладі м. Харкова).

Аналіз доступних літературних джерел [1, 3, 5, 6, 11-13] показав, що екологічних досліджень комплексного впливу різних типів джерел електромагнітного забруднення в міських умовах немає. Деколи такі дослідження суперечливі, деколи до них відносяться скептично, але факт негативного впливу ніхто вже не оспорує, тому що накопичений значний клінічний матеріал, що доводить несприятливу його дію.

На територіях з високим рівнем урбанізації підсвічування земної атмосфери в нічний час штучними джерелами освітлення прийняло глобальний характер (рис.1).

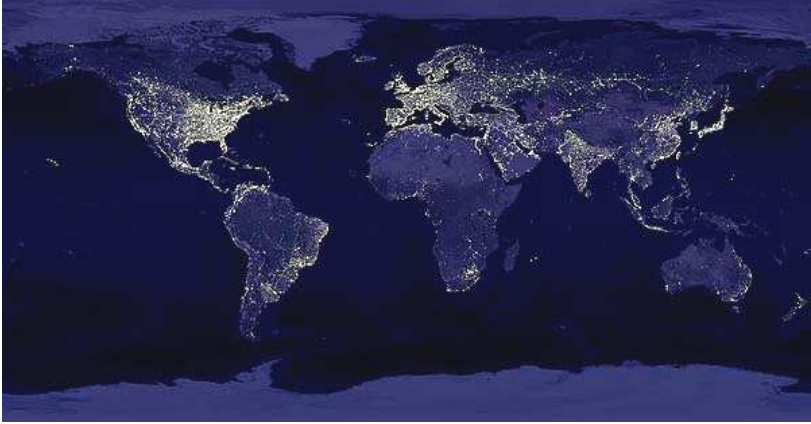


Рис.1 – Супутниковий знімок розподілу світлового забруднення по континентах [13]

Основними джерелами світлового забруднення є великі міста і промислові комплекси. Світлове забруднення створюється вуличним освітленням, рекламними щитами, що світяться, або прожекторами. У Європі багато дискотек направляють могутні промені світла в нічне небо. Більша частина випромінюваного світла прямує або відбивається вгору, що створює над містами так звані "світлові куполи". Це викликано неоптимальною і неефективною конструкцією багатьох систем освітлення, що призводить до марнотратства енергії. Ефект освітлення неба посилюється поширеними в повітрі аерозолями.

Щорічне зростання світлового забруднення в різних країнах Європи складає від 6 до 12% [5].

При дослідженні впливу світлового забруднення на рослини було показано, що спектр випромінюваного Сонцем світла, і спектр світла, потрібного рослинам для фотосинтезу, точно не слідує один за одним, а крива чутливості людського ока значно відрізняється від обох. Рослини використовують все видиме світло, і в меншій мірі ними може бути використана для фотосинтезу ультрафіолетова частина спектру, а найбільша ефективність фотосинтезу досягається при помаранчево-червоному світлі. За рахунок надмірного освітлення збільшується період фотосинтезу, що веде до ненормального ритму зростання рослин і зсуву фази цвітіння. Навіть дерева в оточенні сильних джерел світла скидають листя пізніше, ніж в природній темноті [1].

Щодо впливу світлового забруднення на організми тварин було доведено, що, наприклад, один вуличний ліхтар щодоби є причиною загибелі в середньому 150 комах, а одна світлова реклама за рік вбиває 350000 комах. В результаті надмірного освітлення порушуються біологічні ритми, режим опилення комахами рослин, що в кінцевому підсумку призводить до порушення балансу екосистем [3].

Страждають від надмірного штучного освітлення тварини, які ведуть нічний спосіб життя.

Значної шкоди світлове забруднення завдає і перелітним птахам, які орієнтуються за зірками, але тепер їх вводить в оману світлове марево міст, що збиває систему пташиної навігації. В результаті зграї міняють курс і прямують до висотних будівель, що світяться, башт, маяків і яскраво освітлених судів та б'ються об шибки, стіни, ілюмінатори, прожектори і землю. Орнітологи це пояснюють тим, що засліплені птахи перестають сприймати перешкоду на своєму шляху і на швидкості 75 або 120 км/год. врізаються в перешкоду [8].

Значним чинником штучне освітлення є і для птахів, що гніздяться в містах через порушення сезонних біологічних ритмів.

Ще донедавна єдиним джерелом світла на Землі для біологічних видів і людей було Сонце. Штучні джерела освітлення, що використовуються в новітній історії людства, значно відрізняються від природного освітлення (табл.1), Тому джерела штучного освітлення постійно прагнуть удосконалювати і наблизити їх характеристики до природного освітлення.

Таблиця 1 – Відмінність природного і штучного освітлення

Характеристики	Природне освітлення	Штучне освітлення
Інтенсивність	плавно змінюється від сходу до заходу сонця	загальна постійна інтенсивність
Розподіл в просторі	рівномірний	різний за спектром, часом, і у просторі
Пульсація	0,25 – 0,30 Гц	пульсація (мерехтіння) з частотою 25-30 Гц

Рівень освітлення робочого місця має величезне значення для здоров'я і самопочуття робітників, тому що близько 20% від сумарного річного часу життя і 30% від добового режиму бадьорості люди проводять на роботі. При цьому протягом 16-17 тижнів в середніх широтах (близько 700 робочих годин) в осінньо-зимовий період потреба в штучному освітленні зростає. Тому на робочих місцях і в робочих приміщеннях необхідно створювати для співробітника максимально комфортні умови освітлення.

Такі елементи людського самопочуття як душевний стан або ступінь втоми залежать від освітлення і кольору предметів, що оточують нас. З погляду безпеки праці зорова здатність і зоровий комфорт надзвичайно важливі. Багато нещасних випадків відбувається, крім всього через незадовільне освітлення або помилок, зроблених робітником внаслідок труднощів із розпізнаванням того або іншого предмету або усвідомлення ступеня ризику, пов'язаного з обслуговуванням транспортних засобів, верстатів та ін. Порушення зору в результаті недостатнього освітлення і, як наслідок, зорового дискомфорту є також звичайним явищем. Тривале перебування в умовах зорового дискомфорту приводить до відвернення уваги, зменшення зосередженості, зорового і загального стомлення.

Ознаками наявності світлового забруднення є:

1. Засліплюючий блиск (око людини адаптоване до відбитої блискучості, проте дуже часто світильники світять вище за рівень горизонту, створюючи "світлове забруднення", із-за різкого контрасту з темнотою створюють труднощі при розрізненні в темний час доби).

2. Нав'язливість освітлення (людям, що особливо живуть на перших поверхах заважає спати світло від ліхтаря).

3. Надмірна освітленість, її поширеність (наприклад вітрини, світлова реклама, освітлення стадіонів, торгових центрів)

Небезпека для людини полягає в порушенні біоритму, безсонні, загальній стомлюваності, депресії, швидкому стомленні зорових аналізаторів, зниженні загальної працездатності, погіршенні уваги і координації рухів, а також розладі нервової системи [9].

Зв'язок же між безсонням і онкологією був виявлений в 2001 р. В результаті виявилось, що у жінки, яка спить по 9 годин, ризик захворіти раком мінімальний. Крім того, проводилися клінічні дослідження, в яких брали участь пацієнтки з раком молочної залози. При цьому для експерименту їх тримали цілодобово в темноті для інтенсивного вироблення мелатоніну, оскільки в хворих раком в організмі його недостатньо. В результаті поліпшення самопочуття спостерігалось значно швидшим. Цікаво, що в грудні 2007 р. Всесвітня Організація Охорони Здоров'я віднесла змінну роботу до вірогідних канцерогенних чинників (табл.2).

Ще в 1964 р. німецький дослідник В. Йохле відзначив, що у мишей при цілодобовому освітленні кількість пухлин молочної залози і обумовлених ними смертей значно більше, ніж у тварин, що знаходяться при звичайному режимі. Аналогічна закономірність простежувалася і відносно інших пухлин. У 1966 р. співробітник Московського онкологічного наукового центру І.О.Смирнова виявила гіперпластичні процеси в моло-

чній залозі і мастопатії у 78-88% самок щурів через 7 місяців після початку дії постійного освітлення. За даними І.А.Виноградової, якщо утримувати щурів при постійному освітленні до 18-місячного віку доживає трохи більше половини самок, тоді як в кімнаті із стандартним режимом освітлення до цього віку доживали майже 90% тварин. Спонтанні пухлини виявлені у 30% щурів, що утримувалися при постійному освітленні, проти 16% – при стандартному режимі [4, 10, 11].

Таблиця 2 – Ризик раку молочної залози у жінок залежно від експозиції до світла в нічний час (за даними ВОЗ)

Спосіб життя пацієнтів	Ризик раку молочної залози, 10 ⁻⁴
Безсоння по ночах (1 раз на тиждень)	1,14 (1,01 – 1,28)*
Безсоння по ночах (3 рази на тиждень)	1,40 (1,00 – 2,00)
Безсоння по ночах (більше 4 разів на тиждень)	2,30 (1,20 – 4,20)
Яскраве освітлення у спальні	1,40 (0,80 – 2,60)
Робота в нічну зміну	1,60 (1,00 – 2,50)

* в дужках – 95% довірчі інтервали

Дослідники з Університету Хайфи за участю професора Річарда Стівенса з університету Конектікуту (США) зіставили дані Міжнародного агентства із досліджень раку простати в 164 країнах світу з рівнями нічного освітлення в цих країнах, визначених по супутникових знімках. При обробці даних були отримані наступні результати: у країнах з низьким рівнем освітлення захворюваність раком простати складала 66,77 випадків на 100000; при середній освітленості - на 30% вище (87,11 випадків на 100000), а при високій – на 80% більше (157 випадків на 100000 чоловік) [11, 12].

При порівнянні супутникових зображень Ізраїлю вночі з картами, що показують, де більше всього поширені в країні ракові захворювання, було показано, що в найбільш освітлених районах спостерігається на 73% більше випадків раку молочної залози, чим в найтемніших.

Зв'язок онкологічних захворювань та освітлення відбувається в результаті впливу останнього на вироблення гормону мелатоніну – гормону шишковидного тіла мозку, так званого «гормону сну», що виділяється епіфізом. Мелатонін регулює протікання сну, має антиоксидантні властивості та виділяється у багатьох представників тваринного світу, починаючи від одноклітинних. Крім того, він контролює виділення багатьох інших гормонів, які в свою чергу контролюють клітинний цикл, розмноження кліток, міжклітинні взаємодії, імунну систему; Мелатонін накопичується в апендиксі, в сліпій кишці де він нейтралізує канцерогени, що поступають разом з їжею. Отже, тривале перебування людини при надмірному штучному світленні може призвести до розвитку онкологічних захворювань.

Узагальнені ефекти світла на організм людини наведено в табл.3.

Таблиця 3 – Вплив світла на здоров'я людини (за [11])

Системи або органи	Надлишок освітлення	Недостатнє освітлення	Нормальне освітлення
Зір	явище тимчасового осліплення	швидке стомлення та напруга зорових аналізаторів	нормальне функціонування
	порушення функції ока	головний біль (із-за пульсацій), міопія короткозорість	
Нервова система	депресія, стрес, порушення сну, виникнення і зростання ступеню тривоги	погіршення уваги і координації рухів, підвищення травматизму, розлад нервової системи	поліпшення процесів нервової системи (гарний настрій, тонізуюча дія)
Травна система	збільшена вірогідність негативного впливу на обмін речовин	збільшена вірогідність негативного впливу на обмін речовин	позитивний вплив на обмін речовин
Серцево-судинна система	порушення серцевого ритму		позитивний вплив на серцево-судинну систему
Молочна залоза, шкіра, простата, кишечник	підвищений ризик онкологічних захворювань		

Для загальної оцінки рівня світлового забруднення довкілля м.Харкова рівень освітленості від штучних джерел вимірювався навесні 2008 р. на трьох вулицях категорії А (магістральні дороги, магістральні вулиці загальноміського значення) на території кожного із районів (крім Орджонікідзевського) м. Харкова (рис.2) у 10 точках на кожній магістралі на відстані 1,20 м від штучного джерела (ліхтаря) за допомогою люксметра М16 без насадок, що дало змогу мінімізувати погрішність вимірювань до $\pm 10\%$ [8].

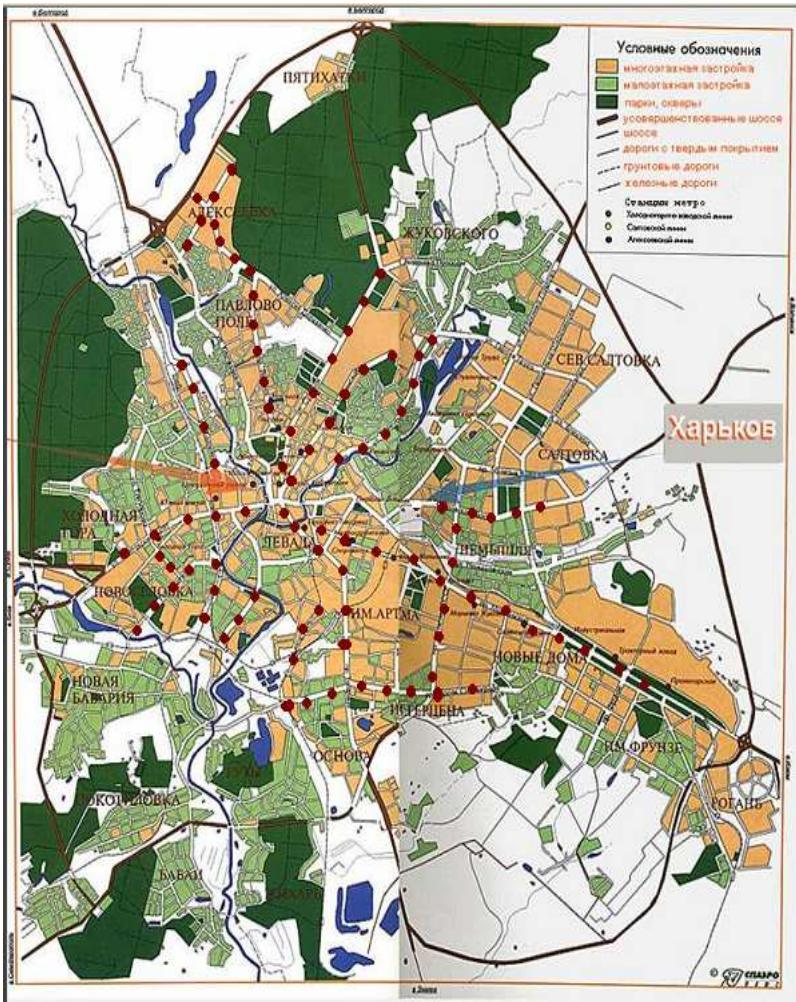


Рис.2 – Точки вимірювання освітленості на магістралях та в районах житлової забудови в м. Харкові у 2008 р.

Держинський район характеризується наявністю двохлампових неонових ліхтарів та великою кількістю вітрин, які вносять свій вклад до загальної освітленості. В Московському районі вітрин досить мало. Освітлення нерівномірне (лампи деякі не працюють), надмірне освітлення чергується з недостатнім. В Червонозаводському районі – ліхтарі

дволампові, освітлення рівномірне, несправних ламп майже немає. В Київському районі ліхтарі прямокутної форми розташовані над дорогою, велика кількість вітрин. В Ленінському районі використовуються різні типи ліхтарів – звичайні дволампові і прямокутної форми в два ряди над дорогою; вітрин мало. У Фрунзенському районі – дволампові ліхтарі, зустрічаються несправні, поряд ЛЕП. В Жовтневому районі – дволампові ліхтарі горять по одному. В Комінтернівському районі – ліхтарі дволампові, горять по одному, вітрин мало.

Середні значення показників загальної освітленості на тротуарах поблизу магістралей категорії А наведено в табл.4.

Таблиця 4 – Середня загальна освітленість по районах міста

Район міста	Середня загальна освітленість, лк	95% довірчий інтервал
Московський	5,23	4,42 – 6,04
Човонозаводський	6,77	5,86 – 7,69
Ленінський	6,66	5,47 – 7,85
Октябрський	7,55	7,33 – 7,77
Комінтернівський	7,69	5,94 – 9,45
Фрунзенський	8,23	6,86 – 9,59
Дзержинський	12,66	11,64 – 13,68
Київський	15,10	13,14 – 17,06

Згідно з ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення» [7] середня горизонтальна освітлюваність повинна складати 4 лк.

По отриманих в результаті вимірювань даних можна сказати, що у всіх районах міста спостерігається перевищення нормативного показника. Найбільші рівні освітленості штучного походження виявлено в Київському, Дзержинському та Фрунзенському районах, а найменші – в Московському, Човонозаводському та Ленінському.

З огляду на вплив освітлення міста на життєдіяльність рослин і тварин, здоров'я та самопочуття людей можна припустити, що в умовах м. Харків найбільшого негативного впливу зазнають рослини, що ростуть поблизу магістральних вулиць, а також комахи, що гинуть через таке освітлення.

Щодо міських жителів, найчастіше на світлове забруднення скаржаться люди, що живуть на перших поверхах будинків, розташованих безпосередньо у близькості від магістральних вулиць, через порушення сну. Відомо, що під час сну світло проникає у нервову систему через повіки, та при високій освітленості більш високий поріг пробудження.

В Європі в 2003 р. були введені єдині «Європейські норми освітленості EN12464». Ми порівняли характеристики світлодіодних та люмінесцентних ламп відповідно до цих норм. Світлодіодні лампи повністю

відповідають вимогам (табл.5).

Таблиця 5 – Відповідність світлодіодних і люмінесцентних ламп
Європейським нормам освітленості

Характеристики	Світлодіодні лампи	Люмінесцентні лампи
Освітленість безпосередньо в зоні виконання зорового завдання, тобто на робочому місці	Відповідає нормам при правильному розташуванні ламп	Відповідає нормам при правильному розташуванні ламп
Освітленість в зоні безпосереднього оточення	Відповідає нормам при правильному розташуванні ламп	Відповідає нормам при правильному розташуванні ламп
Загальний індекс перенесення кольорів R_a (повинен бути не нижче 80)	Індекс перенесення кольорів рівний 80-85	Стандартні лінійні люмінесцентні лампи - не вище 70, компактні - від 80 до 85
Пулсації світлового потоку (освітленості). По Європейських нормах пулсації освітленості на робочих місцях з тривалим перебуванням людей не допускаються	Пулсації відсутні повністю	Застосування люмінесцентних ламп із стандартними електромагнітними ПРА не відповідає нормам. Окрім варіантів включення ламп по схемі "з розщепленою фазою" або включення сусідніх світильників в різні фази мережевої напруги

Застосування світлодіодів для освітлення є перспективним напрямом в світлотехніці. Державні програми впровадження світлодіодів прийняті в США, Японії, Австралії, Китаї, на Тайвані. Аналітики прогнозують підвищений попит на ці джерела освітлення в рік на 52%, а до 2012 р. прогнозують збільшення ринку до 875 мільйонів доларів [2].

Найбільшим попитом користуються «білі світлодіоди». Вони є монохроматичним синім діодом, покритим шаром люмінофора, який випромінює колір в широкій області спектру – від зеленого до червоного. При змішенні із власним випромінюванням світлодіода виходить світло, яке людським оком сприймається як близьке до денного світла.

Світлодіоди є джерелами освітлення із низкою переваг: довготривала робота без заміни, не містять ртуті, що полегшує їх утилізацію, не мерехтять. Недоліками світлодіодних ламп вважаються висока ціна та пряма залежність роботи світлодіоду від зміни напруги.

У робочих режимах струм експоненціально залежить від напруги і незначні зміни напруги приводять до великих змін струму. Оскільки світловий вихід прямо пропорційний струму, то і яскравість світлодіода виявляється нестабільною. Тому струм необхідно стабілізувати. Крім того, якщо струм перевищить допустиму межу, то перегрів світлодіода може привести до його прискореного старіння. Тому при повній заміні на світлодіодні лампи необхідна установка стабілізаторів напруги.

Таким чином, дослідження інтенсивності світлового забруднення у м.Харкові свідчать про існування світлового забруднення на територіях поблизу магістралей категорії А. Найбільш освітленими виявилися Київський, Дзержинський і Фрунзенський райони, де нормативний рівень перевищується в декілька разів.

Для поліпшення освітлення території міста пропонується заміна натрієвих ламп на новітні енергозберігаючі і більш дружні довікілю прилади – світлодіоди, які порівняно з натрієвими на порядок менше споживають електроенергії, що призведе так само на порядок зменшення викидів CO₂ в атмосферу при виробництві електроенергії на електростанціях для роботи джерел освітлення.

1. Андрійчук В.А. Енергоощадні опромінюючі установки для рослин закритого ґрунту / В.А. Андрійчук // Вісник Тернопільського державного технічного університету ім. І. Пулюя. – 1999. – Т.4, № 4. – С.144-147.

2. Андрійчук В.А. Пристрої змінного опромінення / В.А. Андрійчук, С.В. Воркун // Теплоенергетика. Інженерія довікілю. Автоматизація: Вісник нац. ун-ту "Львівська політехніка". – 2002. – №452. – С.155-160.

3. Обследование состояния энтомофауны в зоне влияния ЛЭП-500. / В.В. Аникин, Г.В. Шляхтин и др. // Материалы науч.-практ. Конф. «Электромагнитная безопасность. Проблемы и пути решения», г.Саратов, 28-30 августа 2000. – Саратов: СГУ, 2000. – С.3-6.

4. Асабаев Ч. Физиологическая характеристика реакции ЦНС животных к малоинтенсивным непрерывным ЭМП СВЧ диапазона / Ч. Асабаев, Т.Ю. Бончковская // Тезисы докладов симпозиума «Принципы и критерии оценки биологического действия радиоволн», Ленинград, 24-25 мая 1973 г. – Л.: Б.и., 1973. – С. 29-31.

5. Григорьев А.А. Города и окружающая среда. Космические исследования / А.А. Григорьев. – М.: Мысль, 1982. – 146 с.

6. Григорьев О.А. Проблема экологических нормативов в условиях электромагнитного загрязнения окружающей среды / О.А. Григорьев, А.В. Меркулов // Материалы III междунар. конф. "Электромагнитные поля и здоровье человека. Фундаментальные и прикладные исследования", 17-24 сент. 2002 г., Москва - С.Петербург. – М., 2002. – С.25-27.

7. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

8. Любимов В.В. Искусственные и естественные электромагнитные поля в окружающей человека среде и приборы для их обнаружения и фиксации / В.В. Любимов: Препринт №11 (1127). – Троицк, 1999. – 28 с.

9. Улащик В.С. Общая физиотерапия / В.С. Улащик, И.В. Лукомский. – Минск: Книжный Дом, 2004. – 283 с.

10. Холодов Ю.А. Реакция нервной системы человека на электромагнитные поля / Ю.А. Холодов, Н.Н. Лебедева. – М.: Наука, 1992. – 187 с.

11. Электромагнитные поля и здоровье человека / Ю.Г. Григорьев, Л.И. Хейфец, В.С. Степанов и др. – М.: РУДН, 2002. – 351 с.

12. Электромагнитные поля и население (современное состояние проблемы) / Под ред. Ю.Г. Григорьева и А.Л. Васина. – М.: РУДН, 2003. – 241 с.

13. Отчет Министерства охраны окружающей среды Великобритании об уровнях электромагнитного загрязнения окружающей среды за 2010 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.defra.gov.uk>.

14. Light pollution in the Great Britain: annual report [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dark-skies.org/index.html>.

Отримано 19.10.2011