

УДК 628.987

Л. А. Назаренко, докт. техн. наук,
В. С. Чернець, канд. техн. наук
 Харківський національний
 університет міського господарства
 імені О. М. Бекетова
 61002, м. Харків, вул. Революції, 12.
 тел.: (057) 707-32-42,
 e-mail: acidverse@mail.ru

ПРОБЛЕМИ СВІТЛОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ

Постановка проблеми

Однією з актуальних проблем сучасності є питання світлового забруднення, вперше озвучене астрономами [1, 42, 43], вченими-біологами, що спостерігали за популяціями кажанів [33], поведінкою перелітних птахів [49], фахівцями, що досліджували зміни екобалансу територій поблизу великих міст [1–6] і астрофізиків [35, 43]. Сьогодні поняття світлового забруднення являє собою більш глобальне сприймання даного екологічного аспекту, що включає в себе питання негативного впливу систем освітлення не тільки на навколишнє середовище, але і на здоров'я та безпеку самої людини.

За даними [5] світлове забруднення являє собою порушення природної освітленості місцевості в результаті дії штучних джерел світла, яке може привести до аномалій в житті рослин і тварин. Основними продуцентами світлового забруднення є великі міста та промислові комплекси, вуличне та рекламне освітлення і прожекторні системи.

На думку фахівців, світлове забруднення останнім часом у ряді європейських країн, таких як Франція, Великобританія, Німеччина, є дуже значним. Вперше на це явище звернули увагу місцеві обсерваторії (наприклад, Медонська обсерваторія), що дослідили викривлення карт нічного неба за рахунок паразитного засвічення аж до 90%. Подібне сяйво, або засвітка, спостерігається поблизу всіх великих міст. За даними атласу рівня світового штучного нічного освітлення Cinzano, світлові ореоли в Європі збільшуються на 5% на рік.

Але якщо дана проблема сьогодні досліджується астрофізиками і астрономами, то питання впливу світового шуму на здоров'я людини являє собою більш глобальну і масштабну загрозу, вивчення якої вимагає системного підходу і залучення фахівців таких напрямків як медицина, ергономіка, світлотехніка, електротехніка та енергетика, екологія та юриспруденція.

Глобалізація проблеми

Дослідження канадських учених, спрямовані на визначення ділянок нашої планети з неефективним використанням електроенергії, вперше наочно були представлені в картах, створених за даними супутників [1, 3], де темні ділянки - це або ті райони, де щільність населення вкрай низька, або ж ті, де вартість електроенергії

дуже висока, або ж – райони з пошкодженою інфраструктурою, що відповідає за освітлення (рис. 1, 2).



Рис. 1 - Супутникові карти паразитного засвічення земної кулі



Рис. 2 - Супутникова карта світлового забруднення Європи

Сьогодні питання світлового забруднення розглядається в наступних областях:

1. Вплив на здоров'я людини:

1.1. Ефект «світловий сліпоти». Яскраві потоки світла, які виходять від погано-спроектованого дорожнього освітлення, створюють ефект «світлової сліпоти». Цей ефект настільки інтенсивний, що спостерігач змушений відводити очі від світлової вуалі, що покриває сітківку ока. Така світлова вуаль знижує властивість контрастності зору, сприйняття кольору, здатність фокусувати зір. З віком знижуються адаптаційні функції зорового аналізатора, тому літні водії особливо схильні до світлової сліпоти.

1.2. Циркадні ритми. 24-годинний цикл дня і ночі впливає на порядок мозкових хвиль, відтворення гормону мелатоніну, регулювання і активність живих клітин. Порушення даних процесів призводить до перевтоми [5], депресії [12], онкологічним [3] і серцево-судинних захворювань [13].

1.3. Безсоння. Схильність неприродно-тривалого дня в сучасному місті може призвести до дисинхронізації наших біологічних годин. За даними Всесвітньої Організації Охорони Здоров'я (ВООЗ), зміщення денного циклу порушує нашу здатність засинати і прокидатися в потрібний час, і веде до зниження рівня розумових і автоматичних функцій, що підвищує схильність до ожиріння, стресів, депресії, захворювання діабетом. На переконання ВООЗ, якщо зовнішнє освітлення порушує сон, рекомендується блокувати світло або обмежувати освітлення для загальної користі.

2. Неефективність використання електроенергії. Одним з наслідків надмірного використання штучного світла є втрати енергії. "Міжнародна асоціація темного неба" стверджує, що на нічне освітлення по всьому світу щорічно витрачається понад 1,5 млрд. доларів США, а також виробляється більш ніж 12 млн. т діоксиду вуглецю, що веде до створення парникових газів [52].

Світлове забруднення не просто астрономічна чи екологічна проблема, а й гостре питання енергоефективності. Наприклад, наприкінці 1990-х років кількість світіння неба була еквівалентна 15 млн. кВтгод енергії по Саппоро, Японія; 23 млн. кВтгод на Лондон, Великобританія і 38 мільйонів кВтгод на Париж, Франція [36]. У Хельсінки, Фінляндія, кількість використовуваного світла для громадського зовнішнього освітлення становить 170 млн. кВтгод [37]. Витік корисної світлової енергії за рахунок засвітлення верхньої півсфери простору становить за даними [38] економічні втрати на мільярди євро щорічно. Втрати енергії також виявляються і як викиди CO₂, і за даними досліджень компанії Philips, одна лише заміна застарілих конструкцій світлових приладів і джерел світла може зменшити викиди CO₂ на 3,5 млн. тонн щорічно. Економічно це еквівалентно зниженню щорічних витрат на 700 млн. євро навіть при тому, що частина заощаджень будуть витрачені на сам процес заміни ламп [39].

3. Вплив на екосистему Землі. Штучне освітлення навколишнього середовища впливає на цикл зростання багатьох рослин. Так, наприклад, дерева в оточенні над яскравих джерел світла скидають листя пізніше, ніж у природній темряві [44]. Збільшення періоду фотосинтезу, викликаного застосуванням штучного світла, веде до надприродного зростання рослин [44], зміщення фази цвітіння і частоти фотосинтезу [67]. Штучне світло в нічний час повністю змінює середовище проживання всіх нічних істот і веде до загибелі птахів [49], земноводних [48], комах і ссавців [32].

4. Вплив на астрономічні спостереження. Світлове забруднення у великих містах робить практично неможливим астрономічні спостереження. Через освітлення неба видно тільки найбільш яскраві зірки, і якщо при темному небі людина неозброєним оком може побачити до 2-3 тисяч зірок, то, перебуваючи в місті або іншому місці з яскравим штучним освітленням, візуальне сприйняття знижується до півсотні. Таким чином, з великих міст можна спостерігати тільки яскраві зірки, місяць і деякі планети (Меркурій, Венеру, Марс, Юпітер і Сатурн), і стає дуже складно спостерігати об'єкти далекого космосу: зоряні скупчення, туманності, галактики і т. п. Крім того, стає неможливим визначати контури сузір'їв, т. я. багато з них включають

слабкі зірки. До того ж, яскраве світло заважає адаптації людського ока до темряви. Світлове забруднення також сильно ускладнює використання оптичних телескопів. Принцип роботи телескопа полягає в тому, що він збирає світло зірок та інших об'єктів за допомогою лінз або дзеркал. При світловому ж забрудненні телескоп збирає не тільки і навіть не стільки зоряне світло, скільки світло ліхтарів, відбитий і розсіяний водяною парою і пилом, якими наповнено повітря. Крім того, світлове забруднення зменшує контраст між небесними об'єктами і самим небом. Це зводить нанівець більшість переваг телескопа і змушує астрономів, як професіоналів, так і любителів, віддалятися від будь-яких поселень з їх штучним освітленням, в ненаселені темні місця, що часто незручно, або ж використовувати світлофільтри, що зменшують (але не долають) світлове забруднення. Таким чином, світлове забруднення серйозно заважає не лише спостереженнями астрономів-аматорів, а й роботі астрономічних обсерваторій.

Аналіз досліджень і публікацій

Огляд публікацій та досліджень, присвячених всебічному вивченню впливу світлового забруднення на якість життя людини показав, що в законодавчій базі таких країн як США, Великобританія, Італія, Франція, Словенія та Австралія з'явилися пакти і законопроекти, що відображають перші кроки у вирішенні ефективного використання світлової енергії і зниженні світового шуму міст:

- *Outdoor Lighting Code Handbook and USA Pattern Lighting Code, IDA, Tucson, Arizona, nd*
- *International lighting regulations, <http://www.darksky.org/lighting/regulations/international-lighting-regulations.php>. Other nations with local abatement regulations include Argentina, Chile, Australia, New Zealand, Spain, and the United Kingdom.*
- *IDA, US State Laws adopted and proposed, <http://www.darksky.org/ordsregs/usastate.html>*
- *California Senate First Extra Session - Bill No. 5, Statutes of 2001*
- *The Planning and Development Act, 2007*
- *The Planning and Development Act, 2007, S.S. 2007, c. P-13.2*
- *USA Pattern Lighting Code*
- *Судовий реєстр Ллойда Ломбардія 17/2000 поповнюється DGR Ломбардія 2611/2000, судовий реєстр Ллойда Ломбардія 38/2004 та Положення DGR Ломбардія 7/6162/2001,*
- *Судовий реєстр Ллойда Марке 10/2002,*
- *Судовий реєстр Ллойда Емілія-Романья 19/2003,*
- *Судовий реєстр Ллойда Умбрія 20/2005,*
- *Судовий реєстр Ллойда Аbruццо 12/2005,*
- *Судовий реєстр Ллойда Апулія 15/2005*
- *Судовий реєстр Ллойда Фріулі-Венеція-Джулія 15/2007*
- *Судовий реєстр Ллойда Лігурія 22/2007*

Розглянемо деякі із законопроектів більш детально.

Австралія. Австралійський Стандарт AS 4282-1997 [53] встановлює керівні принципи для контролю негативного впливу зовнішнього освітлення і регламентує максимально допустимі для відповідного типу освітлення параметри з обмеженням цих ефектів і дотриманням значень в допустимих межах. Стандарт обмежує потенціал негативного впливу систем освітлення на мешканців прилеглих будинків і районів,

користувачів сусідніх доріг та інших транспортних систем, як спостерігачів, на яких ефект світлового забруднення негативно впливає на рівні з іншими визнаними показниками дискомфорту освітлення.

Даний Стандарт не поширюється на системи освітлення доріг; рекламні конструкції із внутрішнім підсвічуванням вивісок; системи освітлення, встановлені для цілей телебачення та системи освітлення, які мають циклічну природу (наприклад, світлові маяки).

Канада. Законодавчий Акт № 03-62 [54] з регулювання зовнішнього освітлення та контролю світлового забруднення досить докладно викладає принципи вибору типу світлових приладів (СП) щодо різного застосування: автодорожнє освітлення, в тому числі, і вибір типу джерел світла (ДС) і конструкцій фар автомобілів; підсвічування будівель і споруд, розважальних комплексів та їх територій; освітлення автостоянок; ландшафтне освітлення; рекламні щити і знаки; вуличне освітлення міських і приватних територій, а також освітлення пішохідних зон даних об'єктів; зовнішнього освітлення для всіх типів житлових, комерційних, промислових, громадсько-адміністративних об'єктів. Для зовнішнього освітлення рекомендуються натрієві ДС низького тиску (міжнародне маркування – HPS), натрієві лампи високого тиску (HPS) вважаються прийнятними. Використання інших високо розрядних ДС (НІД) – метало галогенні і ртутні лампи – допускається, якщо вони належним чином екрановані. Також, згідно Акту, в зовнішньому освітленні можуть також застосовуватись екрановані люмінесцентні лампи, тоді як використання кварцових галогенних ламп не рекомендується. Даний Акт зобов'язує всі нові спроектовані системи зовнішнього освітлення укомплектовувати СП, конструктивно відповідаючими встановленим стандартам IESNA. Деякі приклади рекомендованих світильників наведено на рис. 3.

Чилі. За даними Міністерства охорони навколишнього середовища Чилі є єдиною країною в світі (з 1998р.) з законопроектами про гранично допустимі рівні світлового потоку, що потрапляє у верхню півсферу, як найвагомого чинника світлового забруднення (DS N ° 686/98 [55]). Таке передове законодавство даної країни пов'язане зі значною кількістю астрономічних обсерваторій (наприклад Серро Рашон, Серро Тололо), розташованих на її території [56]. У Стандартах Чилі сказано, що джерело світла зі світловим потоком, рівним або меншим 15000 лм не може випромінювати більше 0,8% від номінального потоку вище горизонтальної площини при установці в світильник. Для ламп зі світловим потоком більше 15000 лм даних показник становить 1,8% від їх номінального потоку вище горизонтального рівня. Лампи, призначені для зовнішнього освітлення, у своєму спектральному складі повинні бути суворо обмежені областю видимого випромінювання (від 350 до 760 нм) з ефективністю випромінювання більше 80 лм/Вт (що автоматично не дозволяє використовувати ртутні лампи). Також, нарівні з рекомендаціями щодо вибору джерел світла, наводяться обмеження по світловому потоку і для світильників. При використанні джерел зі світловим потоком рівним або менше 9000 лм СП не може випускати більше 5% їх номінального потоку вище горизонтального рівня. Якщо ж використовується більш потужні ІС (> 9000 лм) працюють стандартні вимоги до світлових приладів, призначені для спортивного освітлення (правила експлуатації освітлювальних установок після 2:00 ночі) і рекламного освітлення (правила освітлення рекламних конструкцій після 1:00 ночі). Лазерні проектори забороняється використовувати після 2:00 ранку, якщо їх світловий потік навіть у малих межах

потрапляє у верхню півсферу простору. Стандарт також визначає вимоги до лабораторних вимірів джерел світла та світлових приладів.

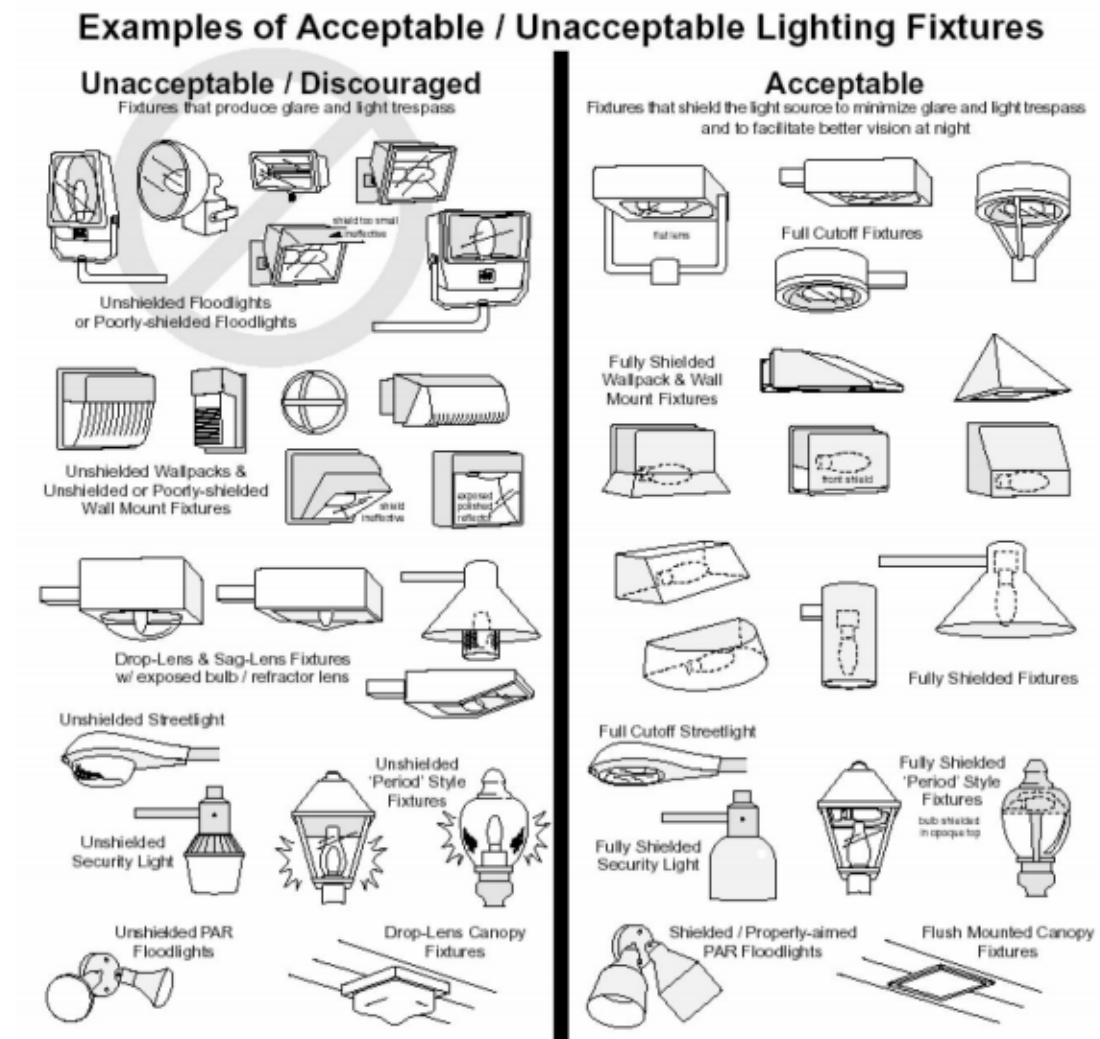


Рис. 3 - Порівняльна таблиця припустимих і неприпустимих типових конструкцій СП згідно Законодавчимому Акту № 03-62 [54]

Чехія. Чеська закон про захист повітря також включає і методи щодо запобігання світлового забруднення [38, 57]. Цей проект тісно пов'язаний з законом Ломбардії і також розглядає світлове забруднення як дуальний фактор: засвітка верхньої напівсфери простору і потенційна загроза викидів газів CO₂.

Великобританія. У 2001р. в Сомерсеті був складений Акт Розвитку графства на найближчі 15 років (2001-2015) [68], де також згадується проблема світлового забруднення, проте конкретних заходів щодо зниження даного чинника Акт не пропонує. Робота в напрямку зниження світлового забруднення йде як «виявлення місцевою владою найгірших прикладів і залучення відповідальних осіб до виправлення даної ситуації». Відповідно до опису в першу чергу мова йде про усунення причин неефективного використання електроенергії.

США. У Сполучених Штатах Америки існують різні правила і закони з регулювання світлового забруднення на державному рівні. Асоціація Dark-Sky [69] у

відкритому інтернет-ресурсі перераховує всі діючі законопроекти і стандарти в області світлового забруднення.

Євросоюз. У Європейському Союзі є Стандарт EN 12464 (-2) [58] з керівними принципами по контроль і зниження світового забруднення. Цей документ містить вимоги до освітленості різних зовнішніх робочих місць, починаючи від електростанцій до залізничних територій. Глава про "нав'язливе освітлення" розкриває рекомендації СІЕ / Іе [59] щодо зниження світлового забруднення відповідно до зонування об'єктів зовнішнього освітлення на 4 рівня, детально описані в даному документі.

Фінляндія. Фінська закон охорони навколишнього середовища (4.2.2000/86) [60] не дає дуже докладних положень щодо світлового забруднення. Закон розглядає забруднення навколишнього середовища в результаті діяльності людини (хімічні речовини, енергія, шум, вібрація, випромінювання, світло, тепло чи запах), яка може або окремо, або в комплексі стати причиною: а) небезпеки для здоров'я, б) шкоди навколишньому середовищу, в) обмеження використання природних ресурсів, г) зниження загальної населеності або культурного значення, е) зниження екологічної придатності для рекреаційного використання, е) пошкодження майна, г) іншого подібного пошкодження муніципальної або приватній власності.

Італія. Регіональні закони щодо світлового забруднення вже впроваджені в 13 італійських регіонах (Ломбардія 17/00, Емілія-Романья 113/03, Марке 10/02, Лаціо 23/00, Кампанія 13/02, Венето 22/97, Тоскана 37/00, П'ємонті 31/00, Валле-д'Аоста 17/98, Базіліката 41/00, Абруццо 12/05, Умбрія 20/05, Апулія 15/05), які охоплюють більше двох третин населених пунктів Італії та головних міст (Мілан, Рим, Венеція, Флоренція, Болонья, Неаполь). Крім того, три італійських технічних Стандарти прямо чи опосередковано працюють на вирішення питання світлового забруднення (UNI10819, UNI10439, UNI9316) [61]. Первинні технічні заходи щодо зниження світлового забруднення згідно з даними законам виглядають наступним чином [61]:

1) положення закону повинні дотримуватися на всій території, бо світлове забруднення поширюється на великі відстані від джерел світла;

2) положення закону обов'язково застосовувати до всіх нових проєктованих освітлювальних установок як державних, так і приватних об'єктів;

3) в умовах необхідності дотримання вимог до безпеки пересування в нічний час доби середня яскравість або освітленість не повинні перевищувати мінімальне значення, необхідне для забезпечення безпеки (дороги, пішохідні зони, робочі місця). Для інших видів освітлення дозволяється максимальна яскравість об'єктів в 1 Кд/м^2 (наприклад архітектурне освітлення);

4) обмеження прямих складових променів випромінювання від СП в будь-якому напрямку вище горизонтального рівня, має регламентуватися по параметру залежності від напрямку світла, а не від світлового потоку. Як приклад, наводиться параметр інтенсивність випромінювання в одиниці потоку, випромінюваного освітлювальною установкою (Кд/кلم). Світловий потік, розповсюджуваний в невеликих кутах від горизонтального рівня (перші 45°) повинен обмежуватися з особливою ретельністю, тому що саме в даних напрямках формується максимально негативні та неефективні засвічення;

5) пряма складова випромінювання від світильників, яка потрапляє у верхню півсферу, повинна обмежуватися як 0 Кд на 1000 лм світлового потоку СП в будь-якому напрямку над горизонтом (гамма-кут $\geq 90^\circ$) для практично всіх типів

освітлювальних установок. Однак на практиці допускається значення в 0,49 Кд/кдм т. я. межа задається у вигляді цілого числа, а потім вимірювання можуть бути округлені до найближчого цілого числа;

б) будівлі та пам'ятники слід висвітлювати таким чином, щоб світловий потік від СП прямував зверху вниз, за винятком випадків, де доведена неможливість такого розташування обладнання (у такому разі дозволяється направляти світловий потік знизу вгору, проте випромінювання не має поширюватися за межі освітлюваного об'єкта);

7) освітлювальні установки для великих територій також відповідають вимогам з п.п. № 5;

8) лише джерела світла з великою ефективністю слід використовувати, тому що це економить електроенергію та зменшує світлове забруднення за межами фото пічної групи і всередині скотопічної групи;

9) направлення вгору прожекторів слідкуючого променя і аналогічних систем освітлення заборонене, тому що вони являють собою джерела, що відволікають увагу водіїв під час дорожнього руху, що знижує безпеку пересування;

10) штрафи за невиконання встановлюються пропорційно кількості світлоточок;

11) існуючі освітлювальні установки, які створюють значне світлове забруднення або належать до найбільш забруднює категорії, повинні бути адаптовані;

12) проект освітлення будь-якої освітлювальної установки розробляється тільки професійним дипломованим інженером-світлотехніком за винятком малих об'єктів підсвічування (внутрішньо будинковий інтер'єрний проект з кількістю світлоточок ≤ 5 шт.).

Можуть також виконуватися наступні правила, позитивні результати яких вже відзначалися: 1) щорічні темпи зростання встановленого світлового потоку для нічного зовнішнього освітлення, державних і приватних об'єктів, в будь-якому муніципальному районі не може перевищувати 2%; 2) річний темп зростання споживання електричної потужності для нічного зовнішнього освітлення, державних і приватних об'єктів, в будь-якому муніципальному районі не може перевищувати 1,5%; 3) світловий потік, випромінюваний освітлювальною установкою, звести до мінімуму, наскільки це можливо. Обмеження на щорічні темпи зростання споживаної електричної потужності для нічного зовнішнього освітлення вже діють в деяких регіонах Італії.

Нова Зеландія. Golden Bay County Council затвердив Положення для зовнішнього освітлення. Даний Кодекс заохочує типи, види, конструкції, і методи проектування та використання установок зовнішнього освітлення, що дозволяють економити електроенергію, світлову енергію при збереженні природного середовища та підвищенні безпеки в нічний час доби [62]. Загальний принцип Кодексу схожий на інші правила проектування та експлуатації систем освітлення. Типи освітлення розділені на два класи залежно від вимог до перенесення кольорів. Клас установок з підвищеними вимогами до передачі кольору дозволяється до використання до тих пір, поки виконуються вимоги до типу джерел світла. Джерела лазерного освітлення, стробоскопи та аналогічні системи рекламного освітлення не можна проектувати з направленням їх у верхню півсферу, при тому, що прожектори в принципі не допускаються для даних цілей освітлення.

Іспанія. В Іспанії існують регіональні закони з регулювання і зниження світлового забруднення для автономних регіонів країни. Так на Канарських островах є Закон 31/1988 [63], що рекомендує використовувати лампи МГЛ в зовнішньому освітленні як максимально шкідливі джерела світла для астрономії через їх високу УФ-складову спектрального складу світла, що випромінюється в атмосферу і не має ніякої цінності для освітлення.

У Каталонії Закон 6/2001 від 31 травня (стр. 8682) [64, 65] про захист навколишнього середовища зниження світлового забруднення розглядається як забезпечення оптимальних умов для нічної середовища (тварин, рослин та екосистеми в цілому), підвищення енергоефективності, мінімізація внутрішнього світлового забруднення і збереження можливості дослідження нічного неба. Відносно законодавства, пілотною програмою з оцінки та зниження світлового забруднення в Каталонії стала співпраця Департаменту Medi навколишнього середовища (Міністерство охорони навколишнього середовища в Каталонії), Університету Барселони і Політехнічного університету Каталонії. Перший етап Пілотної Програми був направлений на дослідження світильників для зовнішнього освітлення: їх характеристики і застосування як джерело світлового забруднення. Друга частина включала вимірювання яскравості неба на певних ділянках місцевості. Ці виміри, крім створення порівняльної таблиці яскравостей з природною яскравістю, являють собою талонні співвідношення, які можуть бути використані в подальших заходах щодо зниження негативних факторів при проектуванні установок зовнішнього освітлення. Сьогодні у Валенсії [66] (площа поверхні 5000га) реалізується проект під назвою EcoLight [67], мета якого полягає в корекції ефекту світлового забруднення від зовнішніх освітлювальних установок.

Висновки

Проведений аналітичний огляд показав, що, незважаючи на залученість великої кількості факторів енергоефективного, безпечного й екологічного навколишнього простору для життєдіяльності людини та збереження ефективної екосистеми Землі, на законодавчому рівні питання світлового забруднення вирішується лише щодо деяких факторів у кожній зі згаданих держав. Країни, що не потрапили, в наданий список, являють собою ті регіони земної кулі, де дане питання не актуальне в силу нерозвиненості інфраструктури освітлення населених пунктів, а також ті держави, де даної проблеми не приділяється взагалі ніякої уваги, незважаючи на прояви її негативних факторів.

Таким чином, основним висновком даного аналітичного дослідження є переконання у необхідності розробки системного регулятивного документа, що представляє собою стандарт освітлення населених пунктів з урахуванням всіх факторів світового шуму і розробки методик проектування систем освітлення з урахуванням цих факторів.

Необхідними заходами для досягнення поставленої мети можуть служити:

- визначення факторів світлового забруднення, що представляють серйозну проблему на території України;
- удосконалення існуючої нормативної бази України з проектування та експлуатації систем освітлення, з урахуванням досвіду інших країн у питаннях світлового забруднення;
- моніторинг існуючих систем зовнішнього освітлення та експертиза відповідно

до встановлених негативних факторів, які вимагають значного зниження;

- оптимізація методів проектування і програм на їх основі.

Література

- 1 Neuroscience / D.Purves, D.Fitzpatrick, G.J.Augustine, L.C.Katz, C.Lawrence, A.S.LaMantia, J.O.McNamara, W.S.Mark. – 2nd edition – Sunderland. Sinauer Associates, Inc., 2001 – 505P.
- 2 Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock / DM Berson, FA Dunn, M.Takao // Science. – 2002 – N (295):10).
- 3 Stockman A / Spectral sensitivities of the middle- and long-wavelength-sensitive cones derived from measurements of observers of known genotype (Electronic resource) / A.Stockman, L.T. Sharpe // Vision Res. 40 – 2000. – P.1711-1737. – Mode of access: <http://cvision.ucsd.edu/> [2006 December 14].
- 4 Kokoschka S. Das V(λ)- Dilemma in der Photometrie / S. Kokoschka // Proceedings of 3. Internationales Forum fur den lichttechnischen Nachwuchs, 1997 TU Ilmenau, Ilmenau.
- 5 Eloholma M. Luminances and visibility in road lighting - conditions, measurements and analysis / M. Eloholma, J Ketomäki, L Halonen // Report 30. – Helsinki University of Technology, Lighting Laboratory, 2004 – 27 p.
- 6 Provencio I. A novel human opsin in the inner retina / I Provencio, IR Rodriguez, G Jiang, WP Hayes, RF Moreira, MD Rollag // Neurosci. 20 – 2000 – P.600–605.
- 7 Provencio I. Melanopsin: An opsin in melanophores, brain, and eye. / I.Provencio, Gm Jiang, WJ De Grip, WP Hayes, MD Rollag // Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. – 1998 – N90 – P. 340–345.
- 8 Dacey DM. Melanopsin-expressing ganglion cells in primate retina signal colour and irradiance and project to the LGN / DM. Dacey, HW Liao, BB Peterson, FR Robinson, VC Smith, J Pokorny, KW Yau, PD Gamlin // Nature – 2005 – N433 – P.749-754.
9. Rea MS. A model of phototransduction by the human circadian system / MS.Rea, MG Figueiro, JD Bullough, A Bierman // Brain Res Rev. – 2005. – N50(2) – P.213-228.
10. Cajochen, C. High sensitivity of human melatonin, alertness, thermoregulation, and heart rate to short wavelength light / C.Cajochen, M.Münch, S. Kobialka, K.Kräuchi, R. Steiner, P.Oelhafen, S.Orgül, A.Wirz-Justice, // J. Clin. Endocrinol. Metab. – 2005. – N(90) – P.1311-1316.
12. Cajochen, C. High sensitivity of human melatonin, alertness, thermoregulation, and heart rate to short wavelength light / C.Cajochen, M.Münch, S.Kobialka, K.Kräuchi, R.Steiner, P.Oelhafen, S.Orgül, A.Wirz-Justice // J. Clin. Endocrinol. Metab. – 2005. – N(90) – P.1311-1316.
13. Revell, V.L. Alerting effects of light are sensitive to very short wavelengths / V.L. Revell, J.Arendt, L.F.Fogg, D.J.Skene // Neurosci Lett. – 2006. – 399(12) – P.96-100.
- 14 Thapan K. An action spectrum for melatonin suppression: evidence for a novel nonrod, noncone photoreceptor system in humans. / K.Thapan, J Arendt, DJ Skene // J. Physiol. – 2001. – 535(1) – P.261–267.
- 15 Brainard GC. Action spectrum for melatonin regulation in humans: evidence for a novel circadian photoreceptor / GC.Brainard, JP Hanifin, JM Greeson, B Byrne, G Glickman, E Gerner, MD Rollag. // . Neurosci. – 2001. - J21. – P.6405-6412.
- 16 Schlyter P. Online article. – Mode of access: <http://www.stjarnhimlen.se/comp/radfaq.html> [2007 January 29].
- 17 Anon. UBV System. – Mode of access: <http://www.answers.com/UBV%20system> [2007 June 17].
- 18.Anon. Wikipedia. Luminous intensity. – Mode of access: http://en.wikipedia.org/wiki/Luminous_intensity [2006 December 14].
- 19 Anon. Wikipedia. Luminous flux. – Mode of access: http://en.wikipedia.org/wiki/Luminous_flux [2006 December 14].
- 20 Sprawls P. Radiation Quantities and Units. – Mode of access: <http://www.sprawls.org/ppmi2/RADQU/> [2006 December 14].
- 21 Anon. Wikipedia. Luminous efficacy. – Mode of access: http://en.wikipedia.org/wiki/Luminous_efficiency [2006 December 14].
- 22 Halonen L, Lehtovaara J. 1992. Valaistustekniikka [In finnish: Illumination engineering]. Otatieto,Espoo, Finland.
- 23 Palmer JM. 1999. Radiometry and photometry FAQ. – Mode of access: <http://www.optics.arizona.edu/Palmer/rpfaq/rpfaq.htm> [2007 January 31].
- 24 Anon. Federal Standard 1037C. – Mode of access: <http://www.its.bldrdoc.gov/fs1037/fs1037c.htm> [2007February 01].
- 25 Anon. A Nickel's Worth of Radiation. – Mode of access: <http://hyperphysics.phyastr.gsu.edu/hbase/thermo/nickel.html> [2007 February 01].

26 Anon. Wikipedia. Lambert's cosine law. – Mode of access: http://en.wikipedia.org/wiki/Lambert's_cosine_law [2007 February 01].

27 Barnes C. Accuracy of quantum sensors measuring yield photon flux and photosynthetic photon flux / C.Barnes, T Tibbitts, J Sager, G Deitzer, D Bubenheim, G Koerner, B Bugbee. // HortScience. – 1993. – N28(12) – P.1197-1200.

28 Anon. Wikipedia. Apparent magnitude. – Mode of access: http://en.wikipedia.org/wiki/Apparent_magnitude [2007 February 01].

29 Anon. Wikipedia. Absolute magnitude. – Mode of access: http://en.wikipedia.org/wiki/Absolute_magnitude [2007 February 01].

30 Anon. Outdoor Lighting Code Handbook. – Mode of access: <http://www.darksky.org/handbook/lchbv114.html#lamptypes> [2007 January 31].

31 Anon. Philips. Lighting Product Catalogue. Lamps & Gear. – Mode of access: http://www.prismaecat.lighting.philips.com/LightSite/Whirlwind.aspx?eca=LEPPLG&cpf=GBEPEN&tree=0&scr_md=1111# [2007 January 31].

32 Anon. Royal Astronomical Society of Canada. Light Pollution Abatement Site. – Mode of access: <http://calgary.rasc.ca/lp/definitions.html> [2007 June 16].

33 Anon. Lighting Laboratory. S118.2101 // Helsinki University of Technology (TKK). Valaistustekniikka jasähköturvallisuus [In Finnish: Illumination engineering and electrical safety]. Course material. – 2007. – 205p.

34 Anon. What are the IESNA cutoff classifications? – Mode of access: <http://www.lrc.rpi.edu/programs/NLPIP/lightinganswers/lightpollution/cutoffClassifications.asp> [2007 June 17]

35 Anon. National Lighting Product Information Program (NLPIP). Light Pollution Q & A. (Online article). – Mode of access: <http://www.lrc.rpi.edu/programs/nlPIP/lightinganswers/lightpollution/abstract.asp> [2007 January 31].

36 Isobe S. Light pollution and its energy loss / S.Isobe, S. Hamamura // Astrophysics and Space Science. 2000. – 273(1). – P.289-294.

37 City of Helsinki. 2003. Kaupungin valot: Helsingin valaistuksen kaupunkikuvalliset periaatteet [In Finnish : City Lights: Urban principles of the lighting of Helsinki]. Helsinki: City of Helsinki. Available from: <http://www.rakvv.hel.fi/images/kaupungin%20valot.pdf> [2006 November 30].

38 Schwartz HE. Light Pollution Control: WorldWide Effects of and Efforts to Reduce Light Pollution. // Organizations and Strategies in Astronomy/ - Kluwer Academic Publishers. 2003. – Vol 4 – P. 37-57.

39 Philips. 2005. Philips highlights the massive financial & environmental potential of new energy and CO2 saving lighting technologies. Press release. – Mode of access: <http://www.amper.ped.muni.cz/light/drafts/graphics/> [2006 December 13].

42 Bortle JE. The Bortle DarkSky Scale. (Online article). – Mode of access:<http://skytonight.com/resources/darksky/3304011.html?page=1&c=y> [2006 December 31].

43 Anon. CIE Technical Report: Guidelines for Minimizing Sky Glow, CIE 1261997. Commission Internationale de l'Eclairage.

44 Longcore T. Ecological light pollution. // T Longcore, C Rich. // Frontiers in Ecology and the Environment. – 2004. – 2(4):P.191–198.

45 Verheijen FJ. Photopollution: artificial light optic spatial control systems fail to cope with. // Incidents, causations, remedies. Exp Biol – 1985 – N44 – P.1–18.

46 Schmiedel J. Auswirkungen künstlicher Beleuchtung auf die Tierwelt – ein Überblick [Effects of artificial lighting on the animal world – an overview]. // Schriftenreihe Landschaftspflege und Naturschutz – Norfolk, United Kingdom - N67 – P.19–51.

47 Outen AR. The ecological effects of road lighting. / AR.Outen, B Sherwood, D Culter, JA Burtonm // Wildlife and roads: the ecological impact. – London, UK: Imperial College Press. – 2002. – P.456-478

48 Hill D. The impact of noise and artificial light on waterfowl behaviour: a review and synthesis of the available literature. // British Trust for Ornithology Report. – Norfolk, United Kingdom – 1990. – N. 61. – 156 - 169.

49 Rich C, Longcore T.. Ecological Consequences of Artificial Night Lighting. Island Press, Washington DC, USA. Anon. IDA International DarkSky Association. International outdoor lighting regulations. – Mode of access: <http://www.darksky.org/ordsregs/intlregs> [2006 December 13]. – 2005.

51 [Coconino County Lighting and General Codes](http://www.coconino.gov/ordsregs/intlregs). Coconino.az.gov (2008-01-07). Retrieved 2011-12-03.

52 Arizona IDA presentation on Lighting issues / None. Retrieved. – 2011. – 25P.

53 Anon. AS 42821997: Control of the obtrusive effects of outdoor lighting. – Mode of access: <http://www.saiglobal.com/shop/script/Details.asp?DocN=stds000017299> [2006 December 13].

- 54 Anon. The Town of Mississippi Mills, Ontario, Canada. Light Pollution ByLaw. – Mode of access: <http://www.mississippimills.ca/localgovt/Planning/Bylaw%200362%20IlluminationLighting>. pdf [2006 December 13].
- 55 Anon. D.S. N° 686/98 Norma de emisión para la regulación de la contaminación lumínica. – Mode of access: <http://www.conama.cl/portal/1255/article26083.html> [2006 December 13].
- 56 Anon. CONAMA, Comisión Nacional del Medio Ambiente Presentación contaminación lumínica [In Spanish: National Commission of Environment Presentation of Light Pollution]. – Mode of access: <http://www.conama.cl/portal/1255/article27127.html> [2006 December 13].
- 57 Anon. The Czech law on Protection of the Air, including Light Pollution prevention. – Mode of access: <http://www.astro.cz/darksky/czairlaw2.htm> [2006 December 13].
- 58 Anon. The Clean Air at Night as well a template for amending Clean Air Acts in the European Union and all over the world. – Mode of access: http://www.astro.cz/darksky/eu_law/ [2006 Decembe 13].
- 59 Anon. 2003 CIE: Publication No. 150 Guide on the limitation of the effects of obtrusive light from outdoor lighting installations 60 YSL. 2000. Ympäristönsuojelulaki 4.2.2000/86 [In Finnish: Environmental Protection law]. – Mode of access: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2000/20000086> [2006 November 30].
- 61 Cinzano P. Laws against light pollution in Italy. – Mode of access: <http://www.lightpollution.it/cinzano/en/page95en.html> [2006 December 13].
- 62 Anon. Golden Bay (NZ) Outdoor Lighting Control Ordinance. – Mode of access: <http://www.darksky.org/resources/information sheets/is036> [2006 December 13].
- 63 Anon. Comunidad Autónoma de Canarias (Canary Islands) Oficina Técnica para la Protección de la Calidad del Cielo [In Spanish: Technical Office for protection of the quality of the sky]. – Mode of access: <http://www.iac.es/proyector/otpc/eng.htm> [2006 December 13]
- 64 Anon. Pilot programme on the evaluation and reduction of light pollution in Catalunya. – Mode of access: http://www.am.ub.es/contaminacioluminica/plapilot_eng.html [2006 December 13].
- 65 Anon. Ley de ordenación ambiental de la iluminación exterior para la protección del medio nocturno [in Spanish: Law on regulating ambient lighting for the protection of night environment]. – Mode of access: <http://www.am.ub.es/contaminacioluminica/fitxers/luminicacast.doc> [2006 December 13].
- 66 Anon. Parque Natural de l'Albufera [in Spanish: Albufera Natural Park]. – Mode of access: <http://www.albufera.com/> [2006 December 13].
- 67 Anon. Ecolight Project. – Mode of access: <http://www.ecollum.org/ingles/1.htm> [2006 December 13].
- 68 Anon. Somerset County (United Kingdom), Local Agenda 21, Noise and Light Pollution. – Mode of access: <http://www.somerset.gov.uk/somerset/council/cpa/cpa2006/evidence/Documents/24.pdf> [2006 December 13].
- 69 Anon. U.S.A. Municipality Outdoor Lighting Regulations – Mode of access: <http://www.somerset.gov.uk/somerset/council/cpa/cpa2007/municipal/Documents/73.pdf>

ПРОБЛЕМЫ СВЕТОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Л. А. Назаренко, В. С. Чернец

Рассмотрены тенденции в решении проблемы светового загрязнения, приведены световые спутниковые карты для определения локаций наибольшего светового загрязнения, исследован опыт некоторых стран по подготовке законодательной базы для решения данной проблемы.

THE PROBLEM OF LIGHT POLLUTION

L. A. Nazarenko, V. S. Chernets

The tendencies in tackling light pollution are given, satellite maps are shown to determine the locations of the largest light polluted areas, the experience of some countries to prepare the legal framework for solving this problem was studied.