



# Світлове забруднення атмосфери: стан та перспективи вирішення

Ю. М. Семків  
В. А. Андрійчук

Тернопільський державний технічний університет ім. І. Пулюя

*Штучне світло, мабуть, найнадійніша ознака домінування людства на планеті. До того ж масштаби світлового забруднення надзвичайно високі. Відповідно до деяких досліджень нічне небо над Євросоюзом на 85 % яскравіше свого природного стану. В США цей показник складає 62 %, у Японії – 98,5 %. В таких країнах як Німеччина, Австрія, Бельгія і Нідерланди нічного неба більше немає як такого: воно постійно світиться відбитим світлом міст. Сьогодні мешканці мегаполісів замість 2500 зірок, дійсно видимих на нічному небокраї незброєним оком, можуть розгледіти лише кілька десятків найяскравіших з них. І що це гірше – ця тенденція безупинно зростає в наші дні.*

Проблеми забруднення довкілля настільки розрослись і урізноманітнилися, що зачепили навіть і світлотехнічну галузь. Ще порівняно недавно, принаймні десять років тому, питання про забруднення світлом навколишнього середовища і про раціональне його використання в архітектурі і будівництві не виникало ні в екологів, ні у світлотехніків. Проте ця проблема аж ніяк не нова. Причина такого явища – світлове забруднення атмосфери, результатом якого є феномен «світіння» неба. Штучне світло освітлених міст, спрямоване вгору, розсіюється часточками атмосфери (молекулами й аерозолями) і викликає її світіння.

Кафедра світлотехніки Тернопільського державного технічного університету ім. І. Пулюя та астрономічна обсерваторія Львівського національного університету ім. І. Франка спільно проводять вивчення та дослідження проблеми світлового забруднення атмосфери світлотехнічними пристроями.

Світіння неба створює так звану світлову вуаль, яка знижує його видимість і створює труднощі, в першу чергу, астрономам при спостереженні зірок. Основна причина цього явища – використання неекранованих світлових приладів, що спрямовують частину світлового потоку

74

склепіння також викликане прямими формами забруднення навколишнього середовища, які пов'язані з видобутком, транспортуванням та спалюванням вугілля, нафти, газу. При цьому безглузда витрата електроенергії складає у всьому світі мільярди доларів на рік.

Надлишок нічного освітлення не лише викликає збільшення яскравості неба, але й негативно впливає на навколишнє середовище, втручаючись у природні ритми біосфери. Вчені прогнозують, що штучна зміна природного свічення неба загрожує людству не меншими проблемами, ніж парниковий ефект. Такі зміни торкнуться як навколишнього середовища, так і самої людини, на яку звуження діапазону видимого Всесвіту спричинить негативний психологічний ефект. При цьому страждають і численні тварини, що ведуть нічний спосіб життя. Зайве світло погано діє практично на всі нічні види. Якись з них не можуть полювати, якись – розмножуватися, а інші – просто жити. Наприклад, зменшення кількості комах знижує площу запилення рослин. Як відомо, випадання з «харчового ланцюжка» хоча б однієї ланки призводить до дуже серйозних наслідків для всіх інших ланок. Особливо страждають птахи. Світлове забруднення впливає, в першу чергу, на маршрути їхньої міграції. Природний ритм рослин і всіх живих істот під-

дається значним змінам завдяки перетворенню ночі на день. Наприклад, для рослин збільшення періоду фотосинтезу, викликане застосуванням штучного світла, веде до надприродного росту рослин, зсуву фази цвітіння та зміни в інших фазах онтогенезу.

Дуже потерпає від штучного засвічення неба астрономія. Більшість спостережень, особливо в області позагалактичних досліджень і космології, тепер можна проводити лише в місцях, віддалених від великих міст на сотні кілометрів. Деякі старі обсерваторії дуже страждають від міського засвічення неба. Нові обсерваторії розташовують у віддалених місцях, а аматорам астрономії доводиться їхати далеко за місто, щоб проводити свої спостереження.

Світло від наземних джерел – серйозна перешкода для астрономічних спостережень. Здавна обсерваторії будували далеко від міст. Італійські астрономи П'єр Антоніо Чинзано і Фабіо Фалькі недавно склали перший атлас освітленості нічного неба. Вперше знімки земних вогнів були зроблені з супутників ще наприкінці 80-х років (фото 1). На них можна бачити не лише великі міста, але і нафтові промисли, на яких спалюють побіжний газ, великі лісові пожежі і навіть скупчення рибальських суден в океані. Але італійці вперше змогли врахувати ефекти розсіювання світла від земних джерел на хмарах і атмосферному пилу. Виявилось, що світло одного-єдиного вуличного ліхтаря здатне перешкодити спостерігачу, що знаходиться від нього на відстані 200 кілометрів. Світло великих міст уже шкодить навіть телескопам, встановленим на Канарських островах, у горах Чилі і на Гаваях.

При виборі місця для будівництва обсерваторії астрономів, у першу чергу, цікавить кількість годин ясного нічного неба. Воно вимірюється в сумарній річній кількості годин безхмарного неба в період астрономічної ночі, коли занурення Сонця під обрій перевищує 18 градусів і вже не помітні сутінкові явища. Для старих університетських обсерваторій, розміщених поблизу великих міст Європи, цей час складає близько 200 – 300 годин на рік; для гірських обсерваторій, що розташовуються в південній частині, це 1000 – 1500 годин, а для найбільш сучасних обсерваторій у горах Чилі і на Гаваях 2500 – 3000 годин.

Оскільки великий телескоп коштує дуже дорого, а ефективність його роботи прямо залежить від астроклімату в пункті спостереження, астрономами витрачають багато зусиль для вибору місця будівництва обсерваторії. Попередній добір перспективних місць здійснюється на підставі метеорологічної інформації, а потім організовуються багатомісячні (іноді і багаторічні) експедиції для вивчення обраних місць.

Одним з найпростіших способів дати кількісну оцінку якості неба є вказівка на найслабшу зірку, видиму неозброєним оком. Хоча кожна людина по-своєму визначає таку зірку, у середньому ця величина приблизно однакова для всіх людей з нормальним зором. Індивідуально для пересічного спостерігача такий метод визначення яскравості неба дає дуже достовірну відносну оцінку. Для визначення найслабшої з видимих зірок прийнято використовувати область неба поблизу північного полюса світу. Ця область має низку переваг: на середніх північних широтах вона не заходить за горизонт; її висота не змінюється протягом ночі, отже зміною прозорості атмосфери з висотою можна знехтувати; в цій області немає яскравих зірок і не буває планет, які б сліпили око; слабкі зірки досить далекі одна від одної і тому легко ототожнюються.

З польотом людини в космос стало можливим проводити всі астрономічні дослідження з космосу. Але немає сенсу робити за великі гроші в космосі те, що можна значно дешевше зробити на Землі. Чотири десятиліття космічної астрономії показали, що з орбіти доцільно спостерігати лише те, що недоступно на Землі. Велику частину оптичних і радіоспостережень з успіхом можна проводити з наземних обсерваторій, якщо не створювати їм перешкод у роботі.

На території кожної обсерваторії нічне освітлення робиться мінімально яскравим, а нерідко і цілком вимикається в години спостережень. Світло великого міста, розташованого навіть у 100 км від обсерваторії, позбавляє астрономів можливості спостерігати слабкі об'єкти. Тому вчені звертаються до місцевої влади і населення з проханням про збереження темряви нічного неба.

Проблема нічного світлового забруднення неба була вирішена за допомогою місцевої влади в ряді великих обсерваторій Аризони і Каліфор-



Фото 1. Нічний вигляд поверхні Землі з космосу

нії. Уникнути світлового забруднення дозволяють ліхтарі з закритими лампами, що спрямовують світло лише вниз. В цьому разі саме джерело світла залишається невидимим з боку, на відміну від звичайних вуличних ліхтарів. До того ж суттєво заощаджується енергія за рахунок зниження втрат світла. Додаткова економія досягається під час використання ефективніших ламп, що споживають менше енергії для одержання необхідної кількості світла.

Штучне світло, випромінюване містом у космічну пітьму, є лише індикатором забруднення, і боротись потрібно не стільки з наслідком, скільки з причиною – з фізичним засміченням атмосфери. Саме на цьому мають бути зосереджені основні зусилля вчених-екологів і суспільства в цілому. Штучне світло по інтенсивності не можна порівняти з сонячним, тому воно нездатне в масштабі цілого міста засвітити повітря, якщо повітря чисте. Світлова завеса з'являється лише в брудному повітрі мегаполісів.

Незаперечним фактом є те, що для сучасної людини світло в темряві – благо цивілізації. Вимоги до якості довкілля, у тому числі міського

світлового середовища, постійно підвищуються – усі ці факти важко заперечити, як і ті, що людині властиво приймати рішення на свою користь, а не на користь «братів наших менших». Хоча, зрозуміло, нерідко оптимальні екологічні рішення для екосистеми найчастіше є корисними для людини. Хто може сказати, скільки гине птахів і комах саме від установок штучного світла на тлі інших, набагато більш глобальних чи руйнівних причин? Як при цьому змінюється відтворення популяцій, що гинуть? Які розумні і реальні заходи мають вживатися щодо збереження зникаючих видів? Це непросте наукове завдання.

На сьогодні існує Міжнародна асоціація темного неба (International Dark-Sky Association, IDA), до якої ввійшли майже 3000 астрономів з усього світу. Це неприбуткова, звільнена від податків організація, що прагне довести проблему до населення і переконати його не заливати світлом околиці, зберегти темне небо і максимально підвищити якість і ефективність зовнішнього освітлення. З цією унікальною організацією можна зв'язатися за адресою: 3225 N. First Avenue, Tucson, AZ 85719, USA; e-mail: [ida@darksky.org](mailto:ida@darksky.org);

web site: <http://www.darksky.org>. Члени асоціації підкреслюють, що борються не проти освітлення, а проти поганих джерел світла. Шкідливими для астрономії є вуличні ліхтарі зі звичайними чи галогенними лампочками розжарювання, що випромінюють дуже широкий спектр частот. Дещо краще синювато-зеленувате світло ртутних ліхтарів, а ще кращими є натрієві лампи низького тиску з жовтуватим світлом, що займає один відсоток спектра, що цікавить астрономів. Якщо такий ліхтар ще має рефлектор, який направляє світло до землі, то шкоди для телескопів майже немає.

Зайве світло – лише одна з проблем, що виникли перед астрономією. Зі зростанням мережі стільникової телефонії скаржитися починають і радіоастрономи. Потужність радіовипромінювання від стільникових телефонів зовсім невелика порівняно з космічними джерелами, але вони знаходяться набагато ближче до радіотелескопів. Один мобільний телефон, поміщений на Місяці, міг би забити своїм випромінюванням усі, крім трьох наймогутніших природних джерел радіохвиль у Всесвіті.

### Висновки

Сучасне суспільство, використовуючи економічні і законодавчі важелі, здатне виважено вирішувати світлотехнічні завдання на ґрунті наукової стратегії, орієнтованої на технічний прогрес. Для цього необхідно застосовувати енергоекономічні джерела світла, високоефективні світлові прилади і раціональні прийоми освітлення.

Проблему світлового забруднення можна вирішувати по таких напрямках:

- зменшувати задимлення і засмічення атмосфери промисловими викидами;
- застосовувати нові джерела та нові технології зовнішнього освітлення населених пунктів та архітектурних об'єктів;
- використовувати оптичні системи з обмеженням кута відхилення світлового потоку у верхню напівсферу та розширювати використання асиметричної оптики;
- для світлових приладів, розташованих на рівні землі, використовувати жалюзі й елементи оптичних систем, здатних контролювати рівень потоку світла з високою точністю.

Вирішення проблеми світлового забруднення у перспективі призведе до заощадження елек-

троенергії, що витрачається на освітлення. Тут можливі такі варіанти:

- використання ефективніших джерел світла (наприклад, натрієвих ламп високого і низького тиску);
- виключення концентрації світлового потоку у верхню напівсферу;
- зниження рівня освітлення монументів та пам'ятників архітектури;
- зведення до мінімуму освітлення проїжджої частини, зберігаючи при цьому необхідний рівень освітлення для безпеки дорожнього руху;
- зменшення рівня освітлення в години, коли в цьому немає необхідності, використовуючи систему подвійного режиму.

### Інформаційні джерела

1. <http://asteroid.lowell.edu/cgi-bin/koehn/webnet>
2. <http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/corp/tools.html>
3. <http://www.astrotop.ru/guide/utilites.shtml>
4. <http://hea.iki.rssi.ru/AZT22/RUS/tools.htm>
5. <http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/ap010827.html>
6. [www.lightpollution.it/cinzano/](http://www.lightpollution.it/cinzano/)

«Мега-шоу» представляет новую компактную моторизованную «лиру» (auto yoke) серии «MicroS»

E-mail: [megashow@cdmaua.com](mailto:megashow@cdmaua.com) [www.megashow.com.ua](http://www.megashow.com.ua)