



Семків Юрій Мирославович

СВІТЛОВЕ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ: астрономічний аспект проблеми.



СЕМКІВ ЮРІЙ МИРОСЛАВОВИЧ,

**СВІТЛОВЕ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ:
астрономічний аспект проблеми**

ТЕРНОПІЛЬ 2009р.

УДК 628.9.024

С-30 СЕМКІВ ЮРІЙ МИРОСЛАВОВИЧ Світлове забруднення атмосфери:
астрономічний аспект проблеми – Тернопіль 2008, -38 стр.

УДК 628.9.024

© СЕМКІВ ЮРІЙ МИРОСЛАВОВИЧ,

Розвиток людства, як біологічного виду багато в чому залежить від стану його навколишнього середовища. Увага екологів традиційно притягнута до глобальних питань стану атмосфери, гідросфери і рослинного покриву нашої планети, тобто до макросередовища. Разом з тим стан здоров'я людини в першу чергу піддається впливу мікросередовища. Саме тут значну роль відіграють різні поля, механізм дії яких, як правило, недостатньо вивчений. До числа таких полів можна віднести електромагнітне, радіаційне, гравітаційне і світлове. Про результати впливу трьох перших можна судити по експериментальним даним, що свідчать про те, що будь-які відхилення від природної норми згубно впливають на живі організми. Яка ситуація в четвертому випадку?

З фізичної точки зору поняття "світлове поле" не існує. Світло являє собою електромагнітні хвилі в діапазоні довжин хвиль 0,4 - 0,8 мкм, тобто є одним із проявів електромагнітного поля. Разом з тим, на відміну від інших електромагнітних хвиль, світло має принципово інший шлях впливу на людський організм. Як відомо, більш 90% інформації людина одержує за допомогою зору, а воно у свою чергу забезпечується саме впливом на око оптичного випромінювання. Це дозволило виділити в теоретичній світлотехніці поняття "світлового поля", що розглядає весь навколишній світ людини з погляду прийнятих оком світлових хвиль. Крім своєї інформаційної значимості, це поле має могутній вплив на загальний стан людини, що і дозволяє розглядати його як самостійний компонент екологічного середовища. Незважаючи на це, його вплив явно недооцінювався, а іноді і взагалі ігнорувалася.

При появі людини як біологічного виду єдиним джерелом світла на Землі було Сонце. Сонячні промені або досягають земної поверхні прямо, або попередньо розсіювались в хмарній атмосфері. Цим визначаються два характерних спектри природного випромінювання: теплий "сонячний" і прохолодний "денний". Такий природний світловий клімат нашої планети до якого пристосовані біоритми людського організму.

Оптичне випромінювання характеризується загальною інтенсивністю, а також розподілами по спектрі, за часом й у просторі. Природне випромінювання відносно рівномірно розподіляється в просторі, а його інтенсивність плавно змінюється від сходу до заходу сонця. Історія створення штучного освітлення показує, що в першу чергу увага приділялася інтенсивності (*світловому потоку*) джерел світла, а інші характеристики не приймалися до уваги. Першим штучним джерелом світла стало *відкрите полум'я*, для одержання якого використовувалися багаття, пізніше - свічі і масляні світильники. Перехід до більш кращих конструкцій пальників забезпечував велику яскравість полум'я, що досягла свого максимуму в газових лампах з так названим ковпачком Люшера - шматочком вогнестійкої тканини, що розжарювалась в полум'ї і давала яскраве біле світло.



Фото 1. Світлове забруднення атмосфери у великому місті, викликане інтенсивним вуличним освітленням.

З погляду ергономіки світла, інтенсивність випромінювання джерела є хоча і важливим, але далеко не єдиним критерієм оцінки його якості.

Визнання цього факту nastупило далеко не одночасно з початком повсюдного використання штучного освітлення. Вперше електричні лампи з'явилися в другій половині XIX століття. Вони вдосконалювалися лише в напрямку збільшення їхньої світлової віддачі, тобто кількості світла, виробленого на 1 Вт електричній потужності. Цікаво відзначити, що спочатку електричне світло було визнано неефективним, тому що перші зразки ламп накаливання істотно уступали по яскравості загальноприйнятим у той час газовому і гасовому ліхтарям.

Дослідження, проведені з використанням супутникових систем наземного спостереження, свідчать, що вже наступне покоління землян не зможе без спеціальних приладів спостерігати Молочний Шлях. Згідно отриманим даним, навіть зараз для двох третин населення Земної кулі небо вже ніколи не буде просто чорним і посипаним зірками.

Штучне світло, мабуть, сама надійна ознака домінування людства на планеті. Причому масштаби "світлового забруднення" дуже 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 жителі мегаполісів замість 2 500 зірок, дійсно видимих на нічному небокраї неозброєному оком, можуть розглянути лише кілька десятків самих яскравих з них. Всі інше тонуть в «забрудненому» міському світлом нічному небі. І що ще гірше — ця тенденція безупинно зростає в наші дні. Тому, природно, виник своєрідний екологічний рух борців зі світловим забрудненням. Їхнє гаснуло — «боротьба за темні небеса».

Причина такого явища — світлове "забруднення" атмосфери. Тобто земні джерела світла, насамперед, освітлення міст, перебивають світло зірок, що ще більше розсіюється і Результатом світлового забруднення є феномен "світіння" неба: штучне світло спрямований нагору розсіюється часточками атмосфери (молекулами й аерозолями) і виробляє світіння. Світіння неба, що є присутнім під час спостережень з астрономічних обсерваторій, відіграє роль світлової вуалі, яка знижує видимість неба і створює труднощі при спостереженні за зірками. Основна причина цього явища - використання неекранованих світлових приладів, що направляють частину світлового потоку прямо в небо.

Питання якості освітлення, що визначає його екологічність, вперше виникло перед розроблювачами ламп у 1930-х роках. Саме тоді спроба широкого застосування новітніх ртутних газорозрядних ламп, що володіли вчетверо більшою світловіддачею, ніж лампи розжарювання, зіштовхнулася з активною протидією споживачів освітлення. Проблема полягала в тому, що яскраве світло цих ламп мало зеленуватим відтінок і обличчя людей у ньому здобували моторошнуватий мертвий відтінок.

Дослідники звернули увагу на спектральну структуру світла, одержуваного від різних джерел. Важливість цієї характеристики полягає в тім, що від неї залежить колір освітлюваних об'єктів і, як наслідок, психофізіологічне сприйняття людей в умовах штучного освітлення. Яким же повинний бути спектр? Дослідження показали, що людське око реагує не прямо на випромінювання окремих довжин хвиль, а на деякий загальний результат їхнього впливу. При цьому різноспектральні випромінювання цілком можуть дати ті саме світлові враження, що одержало логічну назву кольору. В зв'язку з цим для оцінки якості

джерела світла було запропоновано використовувати викликану їм відмінність у кольорі деяких стандартних барвників від еталонних значень.

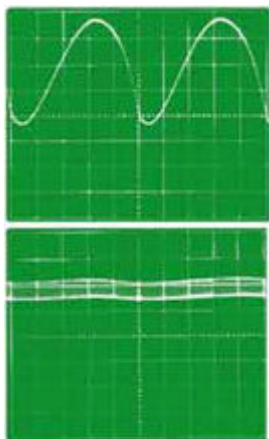


Фото 2. Пульсація світлового потоку розрядної лампи при живленні стандартною сітковою напругою (вгорі) і з високочастотною схемою включення (знизу).

В якості еталонного цілком природно використовувати природний світловий випромінювач, однак світло сонця хмарного, ясного, полуденного і вечірнього неба істотно відрізняються. Це привело до того, що сучасні джерела світла оцінюються в порівнянні з двома основними еталонами: сонцем і "полуденним небом рівномірно покритим хмарами", в залежності від того, до чого ближче спектр досліджуваної лампи. Одержане в результаті число від 0 до 100 і характеризує так названу передачу кольору лампи. Передачу кольору вище 60 пр вважають прийнятною, вище 80 - гарної, вище 90 - високої (дуже гарною).

Поява електричних ламп породило ще одну істотну проблему. При живленні лампи змінним струмом випромінюване нею світло пульсує з частотою цього струму. Тут спостерігається істотна відмінність від природних випромінювань. Надлишок нічного освітлення не тільки викликає збільшення яскравості неба, але й негативно впливає на навколишнє середовище, втручаючись у природні ритми біосфери. Надлишкове освітлення викликає прямі форми забруднення навколишнього середовища, зв'язані з видобутком, транспортуванням та спалюванням вугілля і нафти. "Зайве світло" в основному зв'язано з поганою конструкцією ліхтарів, що розсіюють промені горизонтально і в небо. Це світло засліплює водіїв і пішоходів, піддаючи їхнє життя ризику. При цьому безглузда витрата електроенергії складає по всьому світі мільярди доларів на рік.

Дуже чутлива до штучної засвітки 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 міської засвітки неба. Нові обсерваторії розташовують у віддалених місцях, а аматорам астрономії приходиться їхати далеко за місто, щоб проводити свої спостереження.

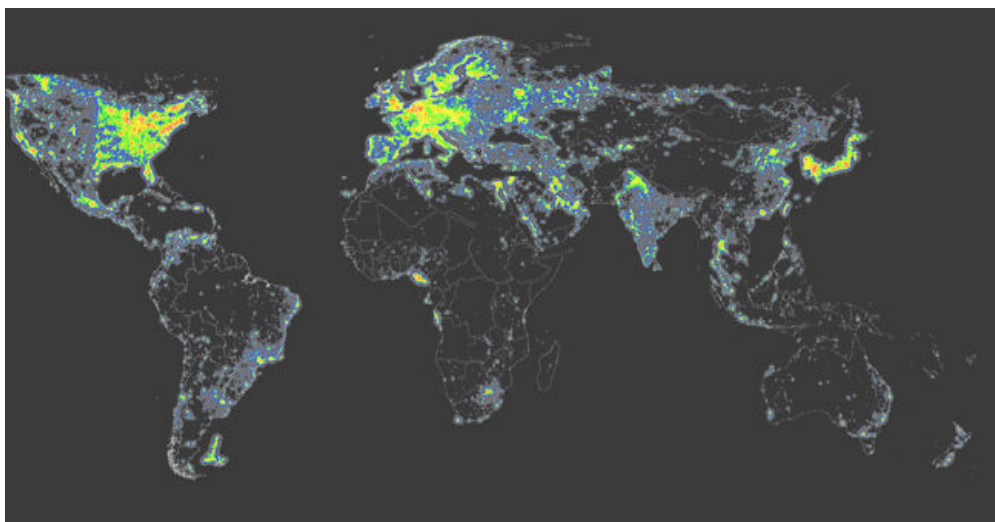
Світло від наземних джерел — серйозна перешкода для астрономічних спостережень. Здавна обсерваторії будували вдалині від міст. Італійські астрономи П'єрантоніо Чинзано і Фабіо Фалькі недавно склали перший атлас освітленості нічного неба. Вперше знімки земних вогнів були зроблені із супутників ще наприкінці 80-х років, на них можна бачити не тільки великі міста, але і нафтові промисли, на яких спалюють побіжний газ, великі лісові пожежі і навіть скупчення рибальських судів в океані. Але італійці вперше змогли врахувати ефекти розсіювання світла від земних джерел на хмарах і атмосферному пилю. 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.

Професор Чинзано порівняв свіжі дані з оцінками світлового забруднення в Італії, зробленими в 70-х роках. Приймаючи, що в наступні чверть століття кількість і потужність джерел світла будуть наростати так саме, як дотепер, він прийшов до висновку, що в 2025 році італійці перестануть бачити Молочний Шлях з території своєї країни. Вже зараз 70 відсотків американців не можуть його бачити. А опитування, проведень серед англійських старшокласників, показавши, що лише один з десяти коли-небудь, бачив Молочний Шлях.

При виборі місця для будівництва обсерваторії астрономів у першу чергу цікавить кількість ясного нічного години. Воно вимірюється в сумарній річній кількості часів безхмарного неба в період астрономічної ночі, коли занурення Сонця під обрій перевершує 18 градусів і вже не помітні сутінкові явища. Для старих університетських обсерваторій, розміщених поблизу великих міст Європи, цей час складає порядку 200–300 годин у рік; для гірських обсерваторій, що

Фото3. Освітленість Землі.



розташовуються в південній частині це 1000–1500 годин, а для найбільш сучасних обсерваторій у горах Чилі і на Гаваях – 2500–3000 годин.

Однак, навіть зовсім ясна ніч може не задовольняти астрономів по якості зображення об'єктів. Повітряні шари різної щільності по-різному переломлюють світловий промінь. Якщо повітря спокійне, це приводить лише до зсуву зображення як цілого. Алі якщо шари повітря з різною температурою, а отже і щільністю, хаотично перемішані, те зображення зірки тремтить і розмивається, дрібні деталі на поверхні планет не видні, точно вимірювати положення і яскравість зірок неможливо.

Якість зображення звичайно характеризують кутовим діаметром кільця, у виді якого з'являється зображення зірки в телескопі. Прийнятним для спостережень вважається якість зображення в 2–3І, дуже гарним – у 1І. На кращих високогірних обсерваторіях бувають зображення в 0,5І і навіть 0,35І. Далеко не кожна ясна ніч

відрізняється високою якістю зображення. Зокрема, вітряна погода погіршує якість зображення – зірки сильно мерехтять і тремтять; це зв'язано з посиленням турбулентності в атмосфері.

Оскільки великий телескоп коштує дуже дорого, а ефективність його роботи прямо залежить від астроклімату в пункті спостереження, астрономи затрачають багато сил для вибору місця будівництва обсерваторії. Попередній добір перспективних місць виробляється на основі метеорологічної інформації, а потім організуються багатомісячні (іноді і багаторічні) експедиції для вивчення обраних місць. За допомогою невеликих експедиційних приладів, що імітують спостереження з великим телескопом, проводяться виміри якості зображень зірок у різні сезони року. Остаточне рішення про будівництво обсерваторії приймається, виходячи з отриманих експедиціями результатів і, у чималому ступені, економічних обставин: наявності електричних і водяних джерел, морських портів, аеродромів і доріг, оскільки доставка і монтаж великого телескопа і насамперед його дзеркала представляє складну транспортну проблему.

Навіть у самих кращих, з погляду астроклімату, гірських вершинах, таких, як Серро-Параналь у чилійській пустелі Атакама, Мауна-Кеа на о.Гаваї, Рока-де-лос-мучачос на о.Ла-Пальма в архіпелазі Канарських островів, прозорість атмосфери і якість зображення безупинно змінюються. Тому астроном-спостерігач регулярно робить запису в журналі спостережень із указівкою стану неба і розміру зображення зірок. При високоточному вимірі блиску перемінних зірок приходиться до і після виміру досліджуваної зірки визначати також блиск спеціально обраних зірок порівняння («стандартів»), про які відомо, що світять дуже стабільно, зміна їхньої видимої яскравості цілком пов'язана з властивостями атмосфери Землі.

Одним із простих способів дати кількісну оцінку якості неба є вказівка на саму слабку зірку, видиму неозброєним оком. Хоча кожна людина по-своєму визначає саму слабку зірку, у середньому ця величина приблизно однакова для всіх людей з нормальним зором. Індивідуально для шкірного спостерігача такий метод визначення якості неба дає дуже надійну відносну оцінку. Для визначення слабшої з видимих зірок прийнято використовувати область неба поблизу північного полюса світу. Ця область має ряд переваг: на середніх північних широтах вона незаходить за горизонт; її висота не міняється протягом ночі, так що зміною прозорості атмосфери з висотою можна зневажити; в цій області немає яскравих зірок і не буває планет, які б зліпили око; слабкі зірки досить далекі один від одного і тому легко ототожнюються.

Крім природних факторів, що впливають на астроклімат, у 20 ст. він зазнав впливу від істотної цивілізації. Найважливішим негативним фактором стало нічне освітлення міст, що зробило неможливим проведення в них астрономічних спостережень.

Теза, що тепер всі астрономічні спостереження можна проводити з космосу, не витримує критики, оскільки не має змісту робити за великі гроші в космосі те, що можна значно дешевше зробити на Землі. Чотири десятиліття космічної астрономії показали, що з орбіти потрібно спостерігати лише те, що недоступно на Землі. Велику частину оптичних і радіо-спостережень 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 відключається 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 нічної засвітки неба була вирішена за допомогою місцевої влади в ряді великих обсерваторій Аризони і Каліфорнії. Уникнути засвітки дозволяють ліхтарі з закритими лампами, що направляють світло тільки вниз. В цьому випадку саме джерело світла залишається невидимим з боку, на відміну від звичайних вуличних ліхтарів. До того ж виникає істотна економія енергії за рахунок зниження втрат світла. Додаткова економія досягається при використанні більш ефективних ламп, що вимагають менше енергії для одержання необхідної кількості світла.

Незважаючи на всіх труднощів і небезпеки, що супроводжують використання штучного освітлення, сучасний рівень світлотехнічної науки і техніки дозволяє зробити правильний вибір.

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 й у тієї ж година максимально підвищити якість і ефективність зовнішнього освітлення. З цією унікальною організацією можна зв'язатися за адресою: 3225 N. First Avenue, Tucson, AZ 85719, USA; email: ida@darksky.org; web site: <http://www.darksky.org>.

Члени асоціації підкреслюють, що борються не проти освітлення, а проти поганих джерел світла. Шкідливіше всього для астрономії вуличні ліхтарі зі звичайними чи галогенними лампочками розжарювання, що випускають дуже широкий спектр частот. Дещо краще синювато-зеленувате світло ртутних ліхтарів, а кращими є натрієві лампи низького тиску з жовтуватим світлом, що займає один відсоток спектра, що цікавить астрономів. Якщо такий ліхтар ще має рефлектором, який направляє світло до землі, те шкоди для телескопів майже немає. Натрієві лампи беруть на 30 відсотків менше енергії ніж ртутні, і на 50 відсотків менше, ніж галогенні.

“Зайве світло” — тільки одна з проблем, що виникли перед астрономією. В міру того як росте мережа стільникової телефонії, скаржитися починають і радіоастрономи. Потужність радіовипромінювання від стільникових телефонів зовсім невелика в порівнянні з космічними джерелами, але знаходяться набагато ближче до радіотелескопів. Один мобільний телефон, поміщений на Місяці, міг би забити своїм випромінюванням усі, крім трьох самих могутніх природних джерел радіохвиль у Всесвіті.

Тому у вересні 2000 долі радіоастрономи з радістю сприйняли звістку про те, що 66 супутників зв'язку системи “Іридиум” будуть зняті зі своїх орбіт. Система, що дозволяла за допомогою кишенькового супутникового телефону зв'язатися з будь-якої точки Землі з будь-якою іншою точкою, не знайшла досить абонентів. Супутники і телефони цієї системи працювали на частотах, близьких до частот випромінювання космічних газових хмар і грозили перешкодити їхньому дослідженню.

Вчені пророкують, що штучна зміна падаючого на Землю природного освітлення грозить людству не меншими проблемами, ніж "парниковий ефект": зміни торкнуться як навколишнього середовища, так і самої людини, на який звуження діапазону видимого Всесвіту зробить негативний психологічний ефект.

Ще порівняно недавно, яких-небудь десять років тому, питання про забруднення світлом навколишнього середовища і про раціональне його використання в архітектурі і будівництві не виникав ні в екологів, ні у світлотехніків. Однак ця проблема аж ніяк не нова.

Вогні міст перетворюють природну чорність нічного неба в брудне простирадло. При цьому страждають і численні тварини, що ведуть нічний спосіб життя. Зайве світло погано діє практично на всі нічні види. Якісь з їх не можуть полювати, якісь — розмножуватися, а інші — просто жити. Наприклад, зменшення кількості комах знижує площа запилення рослин. Як відомо, випадання з «харчового ланцюжка» хоча б однієї ланки приводить 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 піддається значним змінам завдяки "перетворенню ночі в день". Наприклад, для рослин, збільшення періоду фотосинтезу, викликаним застосуванням штучного світла, веде до надприродного росту рослин, зсуву фази цвітіння і частоти фотосинтезу.

Розглянемо випадок на прикладі морських черепах, що живуть на острові Крит. Коли черепахи вилуплюються з яєць, плутають штучне світло будинків, що освітлюються, з відблисками хвиль і рухаються по напрямку протилежному стороні моря. А коли сонце сходить, - вмирають від зневоднювання. "Світлове забруднення" представляє серйозну проблему для багатьох видів птахів (особливо для нічних), що населяють міста. Птахів притягують освітлені хмарочоси, радіо-вежі, монументи (пам'ятники).

Для пташиної зграї, що орієнтується в польоті по зірках, яскраве підсвічування пам'ятника, що виник на шляху, може стати смертельним. Крім прямого збитку живій природі (аж ніяк не обмежуваного загиблими і «заблудлими» птахами), «світлове забруднення» наносити непряму шкоду— мільйони мегават витраченої впусту електроенергії, на виробництво якої використовуються природні ресурси планети. За даними екологів, на це іде до 30% від всієї електроенергії, споживаної на планеті. При цьому, вплив штучного світла, безсумнівно, спотворює хід біологічних ритмів самої людини. Штучне світло, розсіюючи в земній атмосфері, викликає погіршення зорових орієнтирів для пішоходів, водіїв машин і мешканців будинків. Це відбувається в тих випадках, коли світло спрямоване безпосередньо в небо або світловий потік відбиваються від освітлених поверхонь.

Дуже часто архітектори і дизайнери розподіляють світлові потоки, не враховуючи, як власне буде "працювати" світло. Культура освітлення можлива тільки в тому випадку, коли архітектори і дизайнери працюють у зв'язку із світлотехніками, що не тільки професійно розрахують освітленість (вертикальну, горизонтальну і т.д.), але і з достатньою точністю передбачають результати використання того чи іншого світильника.

Головним чином, світлове забруднення виникає через неправильне використання технічного устаткування в зовнішнім освітленні, не враховуються функції простору, матеріали, з яких побудовані будинки, що оточують ландшафт, природне освітлення, вартість використання електроенергії. Грамотне проектування освітлення сприяє психологічному комфорту, дозволяє ощадливо споживати електроенергію, зменшує число автомобільних аварій, нарешті, вигідно підкреслює особливості ландшафту і неповторна своєрідність архітектурних пам'яток.

Для боротьби зі світловим забрудненням необхідно, наприклад, використовувати світильники-прожектори, світло яких спрямований не на сам об'єкт, а нагору — на спеціальний екран. Відбиваючи від «пелюстка», світло попадає на дорогу і нікуди більше. В залежності від проекту освітлення, що враховує ширину проїзної частини і тротуару, відстань від будинків до лінії дороги, покриття дороги і т.д., вибирається визначений тип світильників, їхня потужність, висота стовпів і відстань між ними. При функціональному висвітленні міста штучне світло повинне бути непомітним. І майстерність світлотехніків полягає саме в створенні ілюзії природного освітлення.

На освітлення, по даним ряду країн, йде від 5 до 15% споживаної електроенергії, а на зовнішнє освітлення — лише 0,2–1,5%. Тому проблема економії енергії в цьому випадку гостро не коштує. Крім того, незрозуміло, яким чином можна створити ілюзію природного освітлення в навколишній пітьмі і чи потрібно перетворювати ніч у день? Сама природа середньої смуги обмежує можливість споглядання зоряного неба — у нашому кліматі до двох третин доби в році небо закрито хмарами. Навіть у ясну погоду в безсніжний період сезонна запиленість і підвищена вологість повітря знижують його прозорість. При цьому, пил, дим, сажа, вихлопні гази, кіптява, пари й інші непрозорі частки, народжувані діяльністю людей, утворюють більш-менш щільну завісу, що викликає оптичне помутніння атмосфери.

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 повинні бути зосереджені основні зусилля серйозних, вчених-екологів і суспільства в цілому. Штучне світло непорівнянне по інтенсивності із сонячним, тому воно нездатне в масштабі цілого міста засвітити повітря, якщо повітря чисте. ***Світлова завіса з'являється лише в брудному повітрі мегаполісів.***

Крім того, для сучасної людини світло в темряві — благо цивілізації. Вимоги до якості навколишнього середовища, у тому числі міського світлового середовища, постійно підвищуються — усі ці факти важко заперечити, як і ті, що людині властиво приймати рішення в свою користь, а не на користь «братів наших менших». Хоча, зрозуміло, нерідко оптимальні екологічні рішення для екосистеми часто корисні для людини. Іншими словами, потрібно ще раз визначити пріоритети на основі комплексних наукових розрахунків, а не ізольованих кількісних показників.

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 міри повинні бути прийняті для збереження зникаючих видів? Це не проста наукова задача.

Проблему світлового забруднення можна вирішувати двома способами:

1-зменшувати задимлення і засмічення атмосфери промисловими викидами, 2-застосовувати нові технології освітлення і поліпшувати якість архітектурних проектів.

Більш радикальний — перший спосіб, але він навряд чи досяжний у найближчому майбутньому. Тому залишається лише сподіватися на тісне і гармонічне з'єднання архітектурних рішень із проектами освітлення.

Чи світло допомагає, чи заважає візуальному й емоційному сприйняттю навколишнього нас вечірнього міста. Вдень сіре і непоказне, з настанням темряви будинок може перетворитися в архітектурний шедевр. Задача архітектурно-декоративного освітлення — замінити природне світло штучним з мінімальними втратами, виявити обличчя міста в темний година доби, а не змінювати його. Для максимального виявлення обсягів часто використовуються світильники зі спеціальною оптичною системою, що дають широкий промінь вниз і вузький — нагору, а також світильники, що дають світло, що заливає, створюючи тим самим ефект світіння зсередини. Ще одна тонкість: при підсвічуванні фасадів, особливо фасадів житлових будинків, важливо, щоб світло не било у вікна, а поширювався уздовж усієї площини фасаду.

Однак, навіть грамотно розподілене світло будь-якої установки, посилене світлом фар тисяч автомобілів, потрапляючи на землю і на фасади, відбивається від них угору. Особливо це видно взимку при снігу. Як впіймати, зупинити, повернути цей «шкідливий» для зоряного неба світло? Влітку асфальт і трава відбивають всього 20% світла, але він теж невловимий і дає визначений ефект. Тому нічне хмарне небо над містом у сніжний період завжди буде “засвічене”. Людство чи навряд піде по шляху радикального зниження рівнів освітленості і зменшення площі залитого світлом населеного простору до середньовічного мінімуму, щоб зберегти комах і споглядати зірки. Сучасне суспільство, використовуючи економічні і законодавчі важелі, здатно грамотно вирішувати світлотехнічні задачі на основі наукової стратегії, орієнтованої на технічний прогрес. Для цього необхідно застосовувати енергозберігаючі джерела світла (наприклад, світодіоди), ефективні прилади і раціональні прийоми освітлення.

ЗАКОНОДАВЧІ ОБМЕЖЕННЯ

Першою країною, де законодавчо обмежене світлове забруднення, стала Чехія. Всі освітлювальні прилади там повинні бути спрямовані вниз чи паралельно землі — таким чином, знижується рівень світла на автотрасах і в спальних районах. У США в 1998 р. для боротьби зі світловим забрудненням була створена Міжнародна асоціація за темні неба, що має філії по усьому світі. Вона зайнята в основному просвітницькою роботою. Її активісти, звичайно, не призивають повернутися до свічки та газової лампи, але рекомендують менше користатися штучним світлом.

Наприклад, обмежити світлову рекламу, виключати на ніч світло в закритих супермаркетах, на бензоколонках і стадіонах. Крім того, борці зі світловим забрудненням рекомендують фокусувати світло і робити його фрагментарним — щоб світлові плями декількох великих об'єктів не стягалися в одне. Ліхтарі і

прожектори повинні освітлювати якусь конкретну зону, причому промінь без необхідності ніколи не слід направляти в небо. Заміна агресивних ртутних ламп на м'які натрієві, на їхню думку, може на 90% знизити дію світла, що приманює, на комах.

Асоціація підкреслює, що для боротьби зі світловим забрудненням потрібні не стільки гроші і відмовлення від благ цивілізації, скільки розуміння проблеми і бажання її вирішити. Так, Агентство по захисту навколишнього середовища США розробило програму, яка повинна допомогти населенню і компаніям різко знизити витрата енергії на освітлення. Цим же агентством прийнята програма по захисту птахів, відповідно до якої, зокрема, у періоди міграції заборонено включати нічне освітлення висотних будинків. У Канаді це правило дотримують з 1996 р. У Венеції з приводу світлового забруднення відбулася міжнародна конференція. Її учасники зажадали від ЮНЕСКО проголосити небозвід надбанням людства. Можливо, подібні заклики природні, і вимоги здаються розумними. Але чи будуть реалізовані в сучасній урбаністичній практиці? Згадані вище спостереження оформлені біллем №751, що був представлений на розгляд Італійському Парламенту в червні 1996 долі і дотепер очікує свого твердження в Сенаті.

Сьогоднішній білль - це плід спільних зусиль AIDI (Італійської Освітлювальної Асоціації) і SAIt (Італійського Товариства Астрономів), що зібрав воедино групу діючих в інших країнах постанов.

Білль встановлює основні критерії і технічні специфікації для освітлювальних систем встановлених у громадських місцях і приватних володіннях. Білль має на увазі також застосування цих критеріїв у містах розташованих поза зоною захищених областей.

Зокрема, стаття 10 говорить, що вуличні освітлювальні системи муніципальних будинків знаходяться в радіусі 30 кілометрів від обсерваторії, повинні бути удосконалені протягом 4-х років, з моменту ратифікації білля і відповідати критеріям.

Відповідно до запропонованого закону, освітлювальні системи в цих областях повинні бути постачені натрієвими лампами високого і низького тиску.

Для існуючих систем, максимальне випромінювання світла у вище шари атмосфери складає 30 cd/klum і 15 cd/klum для нових систем, як для маяків - 10 cd/klum.

На додаток до усього, заборонене використання обертових рекламних стелл. Виключенням у цих обмеженнях є можливість використання сучасних освітлювальних приладів у кількості не більш п'яти з випромінюванням 1200 люмен кожний.

Стандарт UNI 29000130 (вимоги по обмеженню використання штучного світла) розроблювальний у даний момент, обмежує яскравість висвітлення, виходячи з класифікації зони, що захищається, і типів попередніх освітлювальних систем.

Стандарт, з одного боку, накладає більш сувору заборону на використання освітлювальних приладів у радіусі 5 кілометрів від астрономічних обсерваторій, з

іншого боку, у радіусі 25 кілометрів обмежує тільки типи використовуваних освітлювальних приладів.

Для того щоб об'єднати розроблені методи і тесті різних систем (для вулиць, пам'ятників і т.д.) UNI стандарт використовує показник випромінювання світла R_p . Він визначається як співвідношення суми максимально можливого рівня освітлення і загальної суми фактичного випромінювання.

Закон, не тільки регулює типи використовуваних освітлювальних приладів, алі також постановляє, що в радіусі 1 кілометра навколо професійних обсерваторій повинний бути рівень світлового розсіювання рівний 0%, а в радіусі 25 кілометрів - не більш 3%.

Березень 1992: Публікація Стандарту UNI 10819 по обмеженню освітлення неба штучним світлом.

Метою цього стандарту є - установлення вимог по якості вуличного освітлення для обмеження спрямованого нагору розсіюється світлового потоку одержуваного від штучних джерел світла.

Адже суть проблеми не в самім освітленні, а саме в нераціональному його використанні.

Головна задача світлотехніки — поліпшити якість життя людини за рахунок раціонального сполучення природного і штучного освітлення. Розумне маніпулювання світлом припускає використання таких світильників і світлових приладів, що створювали б комфортні і безпечні умови життя людини — з обліком ергономічності, фізіології сприйняття, психології, властивостей матеріалів і технологій їхньої обробки, особливостей архітектури і багатьох інших параметрів. Зрозуміло, проблема світлового забруднення, а точніше, техногенного забруднення атмосфери і грамотного проектування освітлення, безумовно, існує. І вирішувати її потрібно на науковій основі, професійно і комплексно. Важно лише зрозуміти, з чим конкретно необхідно бороти і якими методами можна досягти бажаного результату. <http://evrostroy.spb.ru/cgi-bin/main.pl?SUB=Vpaper>

Рішення

Для рішення проблеми світлового забруднення необхідне використання освітлювальних систем, що пропонують використання нових типів освітлювальних приладів, і створення для них нових критеріїв (стандартів).

Що стосується заощадження енергії, ті можливі наступні варіанти:

- використання більш ефективних джерел світла (наприклад, натрієві лампи високого і низького тиску);
- виключення концентрованого світлового потоку на нижню сферу (півкуля), що збільшує спрямований потік світла на поверхню;
- зниження рівня освітлення монументів (пам'ятників);
- зведення до мінімуму освітлення проїзної частини, зберігаючи при цьому необхідний рівень освітлення для безпеки дорожнього руху,

зменшення рівня освітлення в годинни, коли в цьому немає необхідності, використовуючи систему подвійного режиму.

У перспективі, кількість споживаної енергії може бути зменшене при наступних умовах:

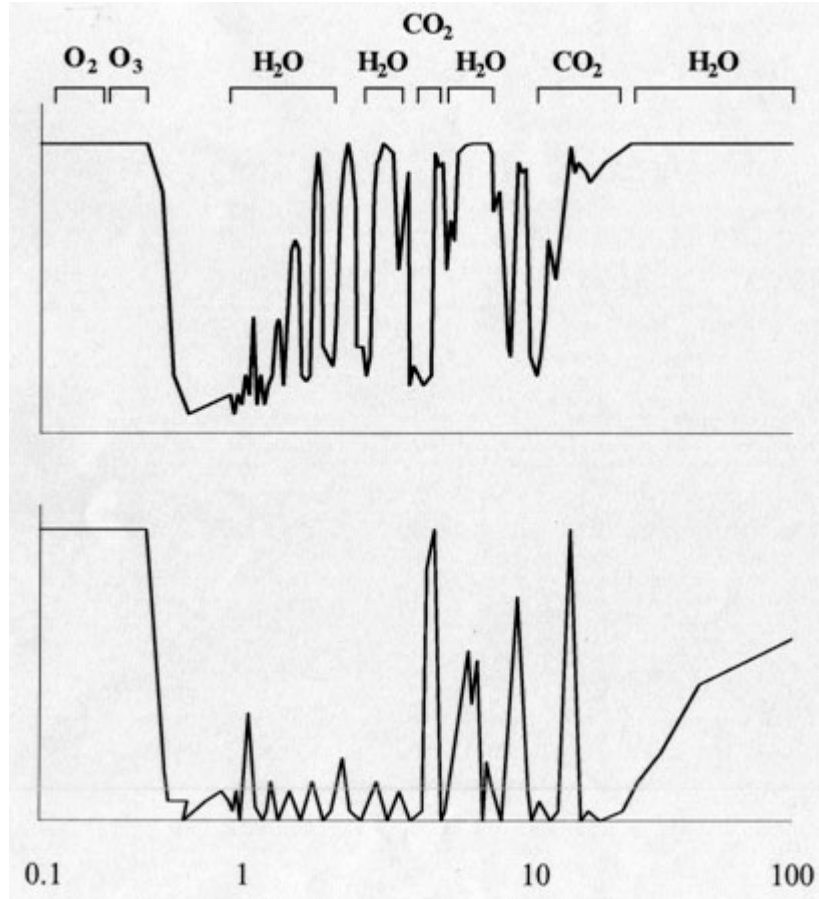
- *обмеження відхилення оптики до максимально можливого рівня, направляючи світло прямо (якщо в цьому є необхідність) і використання асиметричної оптики;*
- *використання технічних рішень, при яких світло направляється знизу нагору;*
- *використання (для освітлювальних приладів розташованих на рівні землі) жалюзі й оптики, здатної контролювати рівень потоку світла з високою точністю.*

iGuzzini були першою компанією в Європі, що представила велику систему екранованої оптики Cut-off у 1990 році. Оптика Cut-off дозволяє цілком виключити випромінювання світла спрямованого нагору вуличних освітлювальних системах.

Прозорість атмосфери. В оптичному діапазоні прозорість земної атмосфери досить велика: світло зірки, що знаходиться в зеніті, при спостереженні з рівня моря послабляється на 25–50% (слабкіше – у червоного, сильніше – у блакитного кінця спектра), а з висоти сучасної гірської обсерваторії (2500–3000 м) у середньому на 20%. Але атмосферне поглинання міняється в залежності від висоти світила над обрієм. При спостереженні зірки в зеніті промінь світла проходить мінімальний шлях через атмосферу і тому є мінімальне поглинання. Чим більша кутова відстань зірки від зеніту, тим довший шлях променя в атмосфері і, відповідно, сильніше ослаблення світла.

В ультрафіолетовому (УФ) діапазоні прозорість атмосфери різко знижується: для хвиль коротших 280 нм вона практично непрозора. В інфрачервоному (ІЧ) діапазоні прозорість атмосфери дуже неоднорідна: існує кілька смуг поглинання молекулами кисню і води. Тому для спостереження в близькому ІЧ діапазоні телескопи встановлюють у сухих високогірних районах, наприклад у чилійській пустелі Атакама чи на вершинах древніх гавайських вулканів (висота більш 4000 м). У далекому ІЧ і в УФ діапазонах спостереження можливі тільки з космічних станцій.

Першою статистичною характеристикою, на яку звертають увагу при виборі місця для установки великого телескопа, є статистика ясного неба. Природно, що для різних астрономічних спостережень потрібна різний ступінь прозорості неба. Звичайно астрономи вважають небо ясным при відсутності хмарності і при високій прозорості атмосфери. Найбільша ясність неба потрібно при фотометричних, поляриметрических і абсолютних спектрофотометрических спостереженнях. "Фотометрично ясною ніччю" вважається така ніч, коли небо залишається ясным не менш 6 годин підряд. Відзначимо, що статистика ясного часу вдень і вночі розрізняється: як правило, число астрономічно ясных ночей більше числа



метеорологічно ясних днів. Крім того спостерігаються значимі сезонні варіації і варіації кількості ясного нічного часу в залежності від місця спостереження. От чому для досліджуваних астропунктів таку статистику треба вести постійно.

Основу астрофізичних досліджень у видимому й інфрачервоному діапазонах спектра складають фотометричні і спектрофотометричні спостереження. Тому однієї з найважливіших характеристик астроклімату є прозорість атмосфери. Разом з атмосферною якістю зображень, прозорість визначає також проникаючу здатність астрономічних спостережень. В ідеальному випадку, коли прозорість атмосфери стабільна і відома, досягається найвища точність сп.ф. спостережень. Однак у реальній ситуації прозорість завжди в тих чи інших складовим міняється згодом. Причому ці зміни в одному пункті значно перевищують зміна середніх характеристик від пункту до пункту.

Основним поглинаючим газом в оптичному діапазоні є озон. Загальний зміст озону в атмосфері відповідає шару товщиною близько 0.3див у нормальних умовах. На малюнку 1 приведений вертикальний профіль розподілу озону. Зміст озону сильно міняється в залежності від сезону і широти (максимум навесні, мінімум восени, розходження від 20% у середніх широтах до 40% у полярних). Крім того спостерігаються добові і більш короткоперіодические варіації. Основні смуги озону зосереджені в ультрафіолетовій частині спектра (180-366нм, смуги Хартли і Хеггиса, практично повна непрозорість). У видимому діапазоні спектра (440-750нм) є присутнім слабка система смуг Шаппои.

Одна з найважливіших характеристик нічного неба - фон нічного неба. Він складається з природного нічного світіння атмосфери, світіння космічних джерел і штучного підсвічування, викликаною діяльністю людини. Типово

астрокліматичним фактором, що вимагає спеціального дослідження, є саме штучна засвітка. В місцях, де відсутня штучна засвітка, яскравість неба в zenіті під час відсутності зірок яскравіше 10^m , при мінімальній сонячній активності, низьким альбедо і відсутністю полярних сьйв дорівнює $V=22.0$, $B=23.0\text{m/sec}^2$ і росте приблизно на 0.3^m на zenітній відстані 60° .

Головна задача - дослідження факторів антропогенного походження. Основні критерії - штучне освітлення не повинне перевищувати мінімальну яскравість фону неба на висоті 45° більше ніж на 10%. Яскравість неба, створювана штучними джерелами світла приблизно описується залежністю: **$\sim \text{населення} * (\text{відстань})^{-2.5}$** .

Існують три природних джерела світіння нічного неба. Це — світіння атмосфери під дією сонячних корпускул, світіння міжпланетного пилу і світіння слабких зірок і нерозв'язних на окремі об'єкти чи телескопом оком галактик. В середніх широтах роль цих джерел у засвітці неба приблизно однакова. В північних широтах імовірність посилення світіння за рахунок полярного сьйва вище. При відсутності полярного сьйва світіння не залежить від широти.

Світіння міжпланетного пилу можна бачити по всьому небу, але найбільша яскравість його в площині екліптики. Це так називане зодіакальне світло. У південних районах він видний по вечорах, навесні на заході і восени на сході перед початком сумерків.

Сумарне світло зірок найбільше помітний у районі галактичного екватора — уздовж смуги Молочного Шляху. Тут яскравість світла далеких зірок приблизно в 10 разів сильніше, ніж у галактичних полюсів. До світла власне зірок потрібно додати світло пилових і газових туманностей, а також світло численних галактик, нероздільних навіть у самі великі телескопи.

Яскравість неба, як і слабких протяжних об'єктів, можна виражати в канделах на квадратний метр ($\text{кд}/\text{м}^2$) чи в зоряних величинах на квадратну секунду. Перша величина застосовується в звичайних фотометричних розрахунках у тому числі в розрахунках витримки в астрофотографії, а друга використовується тільки в астрофізиці. Вона відповідає яскравості, якщо блиск зірки “розмазати” по площі в 1 квадратну секунду дуги. Наприклад, якщо блиск такої зірки дорівнює 10^m , то це значить, що яскравість ділянки неба дорівнює $10^m / \text{кв. секунди}$.

Щоб яскравість, виражену в $\text{кд}/\text{м}^2$, перевести в астрофізичну величину, можна скористатися формулою

$$m = 12,4^m - 2,5 \lg B,$$

де B — яскравість, виражена в $\text{кд}/\text{м}^2$. Наприклад, яскравість туманності в $0,0005 \text{кд}/\text{м}^2$ дорівнює $20,6^m / \text{кв. секунди}$.

Серед наземних обсерваторій найбільш темне небо на обсерваторії Мауна Кеа на Гавайських островах. Обсерваторія розташована на висоті 4700 м. Там яскравість неба дорівнює $23^m / \text{кв. секунди}$ ($5,8 * 10^{-5} \text{кд}/\text{м}^2$). На більшості обсерваторій яскравість неба в $22,5^m / \text{кв. секунди}$ ($10^{-4} \text{кд}/\text{м}^2$) вважається чудовою. Яскравість рукавів галактики Андромеди М31, що ще виходять на звичайних фотографіях, дорівнює $22,8^m / \text{кв. секунди}$, чи $6,9 * 10^{-5} \text{кд}/\text{м}^2$. Якщо цю яскравість скласти з яскравістю неба, сумарна яскравість виявиться вище $M_c = 10^{-4} + 6,9 * 10^{-5} = 16,9 * 10^{-5} \text{кд}/\text{м}^2$, чи $21,8^m / \text{кв. секунди}$.

Тому хоча яскравість рукавів всього $22,8^m$ /кв. секунди, вона ще помітна на досить темному небі.

Застосування фотографії широко розсунуло можливості спостережень, однак швидко з'ясувалося, що вплив атмосфери їх обмежує. Розсіювання світла небесних і земних джерел підвищує яскравість нічного неба. Це фонове випромінювання заважає досліджувати туманності і слабкі галактики. Крім того, розсіювання на аерозолях знижує контраст зображення, і його слабкі деталі пропадають у розсіяних світло яскравих частин об'єкта, що спостерігається. І нарешті, ефекти перекручування хвильового фронту помітно знижують що дозволяє і проникаючу можливість телескопів (зображення на фотографії виявляється істотно великим і вплив фону неба підсилюється).

Поверхнева яскравість туманностей лише ненабагато перевершує його яскравість у безмісячну ніч. Особливо сильно падає контраст в умовах "світлового забруднення" - навіть незначної засвітки неба якими-небудь сторонніми джерелами світла. Недарма такі об'єкти часто називають "deer-sky об'єктами" чи, інакше, "об'єктами глибоко чорного неба". Для більш успішного виявлення туманностей було б бажано підвищити їхній контраст із фоном неба, для чого прийдеться або збільшити поверхневу яскравість самого об'єкта, або знизити яскравість фону. Відносна яскравість неба може бути досить значно зменшена при спостереженнях зі спеціальними світлофільтрами.

Щоб зрозуміти принцип, на якому заснована дія таких фільтрів, порівняємо спектри випромінювання нічного неба і газових туманностей. Спектр світіння нічного неба складається з досить слабого безупинного випромінювання у всьому видимому діапазоні довжин хвиль і декількох яскравих спектральних ліній, що і вносять найбільший внесок у рівень світіння неба. Серед цих ліній можна виділити ті, котрі видні завжди, незалежно від місця спостереження і лінії від джерел штучного походження, випромінювання яких розсіюється атмосферою Землі. До першого можна віднести лінії іонізованих кисню і натрію. До іншого типу відносяться лінії ртуті, випромінювані ртутними лампами високого тиску, в основному використовуваними для висвітлення вулиць, а також натрієві лінії від застосовуваних останнім часом для тихнув же цілей натрієвих ламп (мають яскраво виражений жовтий колір світіння). Випромінювання галактик розподілене приблизно однаково по всьому спектрі, оскільки воно складається зі світла, що випускається мільйонами зірок, що населяють галактики. Зовсім інший характер має випромінювання газових туманностей (дифузійних і планетарних). В силу того, що такі туманності найчастіше складаються з водню, гелію, кисню й азоту, основна частина випромінювання приходить на спектральні лінії цих елементів. Ті ж саме відносяться і до спектра комет. Наближаючи до Сонця, ядро комети починає випаровуватися і за ним виростає газопиловий хвіст, значна частина випромінювання якого також випускається на визначених довжинах хвиль. Завдяки щасливому випадку основні (найбільш яскраві) емісійні лінії випромінювання в спектрах газових туманностей і комет лежать ледве осторонь від ліній випромінювання нічного неба і можуть бути досить успішно виділені спеціальними фільтрами. Правда, ці фільтри повинні мати порівняно вузьку смугу пропускання, щоб ефективніше відокремити корисний сигнал від фону. Такі світлофільтри випускаються серійно фірмами ("LUMICON", "CELESTRON", "ORION" і ін.) і являють собою інтерференційні світлофільтри з діелектричними

багатошаровими покриттями, що ефективно виділяють області спектра 480...500 нм і невелика ділянка поблизу 650 нм.

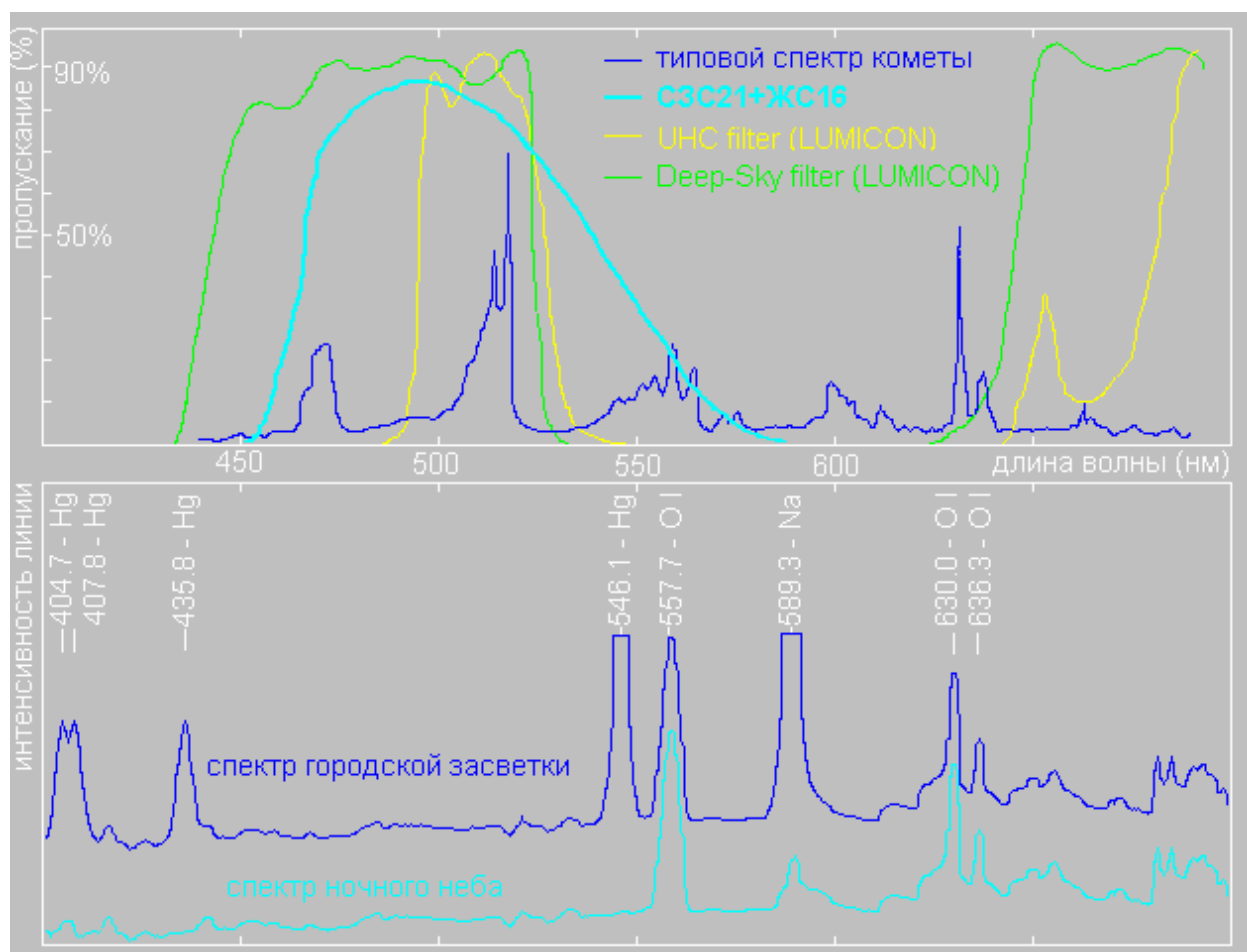


Рис 1. Типові спектри випромінювання нічного неба в діапазоні довжин хвиль 400...700 нм при відсутності засвітки міськими вогнями (нижня крива) і при міській засвітці (верхня крива).

Найбільш прийнятним було б підібрати з існуючих кольорових стекол таке, котре мало б схожий вид кривої спектрального пропускання і зробити з нього звичайний абсорбційний світлофільтр. Для одержання помітного ефекту необхідно виділяти досить вузький спектральний діапазон спектра поблизу довжини хвилі 500 нм, де і зосереджені основні лінії випромінювання туманностей і комет. Найбільш оптимальним виявилось сполучення стекол СЗС22 (товщиною 4 мм), "обрезающего" довгохвильову область спектра вище 550 нм і ЖС16 (товщиною 2 мм), не проникне випромінювання з довжиною хвилі коротше 460 нм. Графік інтегрального коефіцієнта пропускання отриманого фільтра представлений на верхньому малюнку. Як можна бачити, його смуга пропускання незначно відрізняється від аналогічної в "deep-sky" фільтра, маючи лише більш "положистий" хід. Для оцінки "фільтруючої" здатності було розраховане пропускна здатність такого фільтра для найбільше "шкідливих" ліній спектра світіння нічного неба, а також значення пропускання на довжинах хвиль, що попадають у діапазон 480...520 нм. Результати розрахунків приведені в таблицях. Тільки для ртутної лінії 546.1 нм маємо досить скромний вигравш у 2 рази, тому з таким фільтром краще спостерігати подалі від міських ртутних ламп (мають явно виражений блакитнуватий колір світіння). Пробні спостереження показали, що цей

світлофільтр малоефективний при використанні в місті, однак він відчутно підвищує контраст об'єктів при повній відсутності сторонньої засвітки за містом. Особливо це стосується комет і слабких планетарних туманностей. Перевагою зазначеного фільтра є нечутливість його до розташування в оптичній системі. Відомо, що інтерференційні фільтри задовільно працюють лише в пучках світла, близьких до рівнобіжних, так що їх приходиться розміщати або перед об'єктивом телескопа чи відразу ж після окуляра, що не завжди зручно. Складний же фільтр може розташовуватися де завгодно.

Табл.1 Порівняльні характеристики пропускання фільтрів для найбільш цікавих ліній випромінювання в спектрах туманностей:

Довжина хвилі λ (нм)	Приналежність лінії	Пропускання інтерференційного фільтра	Пропускання абсорбційного фільтра
486.1	H β	87%	86%
496.9	OIII	86%	87%
500.7	OIII	92%	87%
656.3	Ha	77%	-

Табл.2 Порівняльні характеристики залишкового пропускання фільтрами найбільш яскравих ліній випромінювання спектра нічного неба:

Довжина хвилі λ (нм)	Приналежність лінії	Пропускання інтерференційного фільтра	Пропускання абсорбційного фільтра
436	Hg	-	-
546	Hg	-	50%
558	O2	-	19%
570	Na	-	9%
579	Hg	-	3%
583	Na	-	3%
630	O2	19%	-
636	O2	46%	-

Перший у світі атлас штучної засвітки неба (повна назва - "Всесвітній атлас штучної яскравості нічного неба в zenіті на рівні моря") був складений італійськими й американськими вченими на основі супутникових даних. Зіставивши отриману інформацію з даними про щільність населення, зуміли розбити всіх жителів планети на групи в залежності від штучної засвітки неба в місці їх проживання. Виявилось, що 2/3 населення Землі, 99% населення США і Європейського Союзу живе в районах з помітним світловим забрудненням. Більш того, п'ята частина населення планети, більш 2/3 і половини жителів США і ЄС відповідно, а також ледве більш 40% населення нашої країни позбавлені можливості бачити Молочний Шлях неозброєним оком в місці свого проживання. І нарешті, десята частина жителів Землі і 1/7 жителів Європи позбавлені можливості бачити небо, що хоч скільки-небудь нагадує нічне. Дані, необхідні для складання цього атласу, були зібрані за допомогою супутникової системи, що збирає випромінювання в широкому діапазоні від 440 до 940 нанометрів і особливо чутливої до променів 500-650 нм. Саме в цьому діапазоні випромінюють головні "винуватці" засвітки неба: могутні ртутні (545 і 575 нм) і натрієві лампи (540-630 нм).

Отже, вся територія Землі розбита на наступні зони: чорну (<0,01), темно-сіру (0,01-0,11), синю (0,11-0,33), зелену (0,33-1), жовту (1-3), жовтогарячу (3-9), червону (9-27) і білу (>27). Зазначені в дужках величини показують в скільки разів штучна яскравість неба перевершує природну.

Факт глобального потепління нині мало в кого викликає сумнів. Значно менш відомо навіть у найбільш екологічно стурбованих колах про глобальне затемнення — явище теж дуже нехороше. Якщо дані вчених із різних континентів остаточно підтвердяться, то виявиться, що людство чекає ще одна проблема — дефіцит сонячного світла. За останні роки кількість сонячного світла, що досягає поверхні Землі, скоротилася на 20%. Вчені США встановили, що з кінця 50-х до початку 90-х років минулого століття кількість сонячного світла, що досягає земної поверхні, зменшилася на 10%. У деяких регіонах, таких, як Азія, Сполучені Штати та Європа, світла стало ще менше. У Гонконгу стало темніше на 37%! Втрату світла над територією колишнього СРСР оцінили в 20%.

Причина нової халепи все та ж — невгамовна діяльність людини з перетворення навколишнього світу. У деталях учені, втім, розходяться. Так, на думку директора Годдардського інституту космічних досліджень при НАСА Джеймса Хенсена, ученим давно відомо, що частки речовин, які забруднюють атмосферу, певною мірою відбивають сонячне світло, не пускаючи його на Землю. Проте тільки тепер стають відомі істинні масштаби тривожного явища. Доктор Хенсен зазначає: «Дані спостережень на ста метеостанціях, розташованих по всьому світу, показують, що кількість сажі в атмосфері вдвічі більша, ніж передбачалося раніше».

В період із 1958 по 1992 рік рівень сонячного освітлення планети знижувався щорічно і повсюдно, хоча й у різному ступені — від 0,23% до 0,32% щороку. Через рік в Австралії група вчених під керівництвом Грема Фаркуара, заінтригована заявами Стенхілла і Коена, підтвердила висновки колег, спростувавши докази опонентів про неправильні методики виміру сонячного

світла. Заодно висунули версію відповіді на одну із загадок кліматології. Суть загадки: оскільки Земля нагрівається, випаровування води зі Світового океану мало б зростати — однак цього не відбувається. Навпаки, численні експерименти показують, що за останні роки рівень випаровування знижується! Розгадку в ефекті глобального затемнення — що менше сонячного світла потрапляє на поверхню води, то менше вона випаровується!

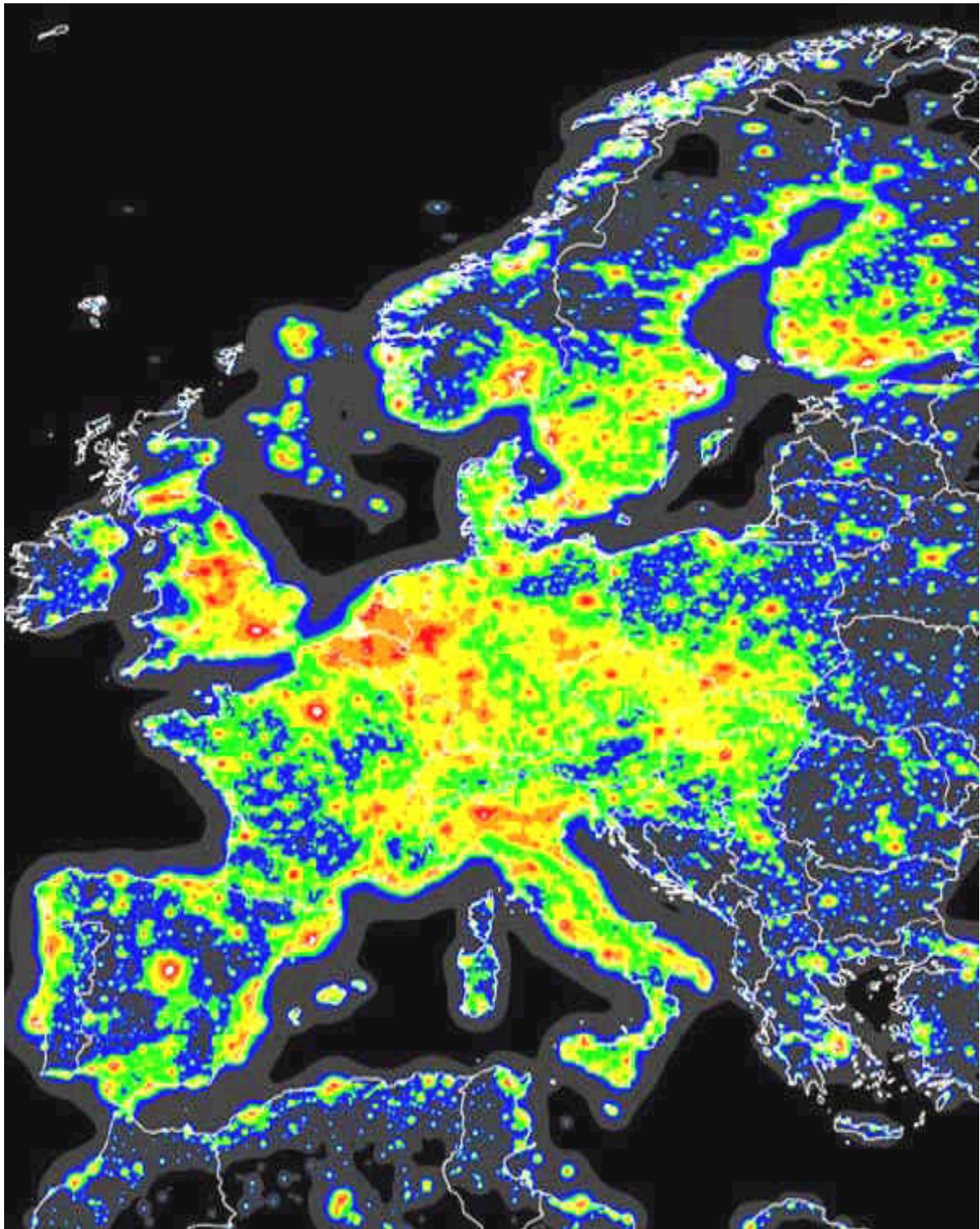
Помічено, що вже тепер вирощувати овочі у теплицях Північної півкулі дедалі важче через дефіцит світла. Зате ліси й тварини стали потихеньку рухатися на північ. У Канаді тайгові ліси просунулися на північ більш ніж на 100 км, у Росії спостерігається відродження порушених хвойних лісів. Песимісти передвіщають проблеми прибічникам розвитку сонячної енергетики — знову ж у зв'язку з дефіцитом сонячного світла. Збільшаться й витрати на освітлення міст і сіл. А з ними зросте і світлове забруднення. Виходить замкнутий цикл: для додаткового освітлення спалюються додаткові енергоресурси, додаткові мільйони тонн забруднюючої речовини потрапляють в атмосферу, атмосфера пропускає ще менше світла, стає ще темніше...

Так, за період із 1975 року вулканічна активність зросла на 500%, із 1973-го землетрусів стало більше на 400%, за 30-річний період (1963—1993) усіляких стихійних лих стало більше на 410%! Все це пояснюється реакцією Землі на зміну космічних умов.

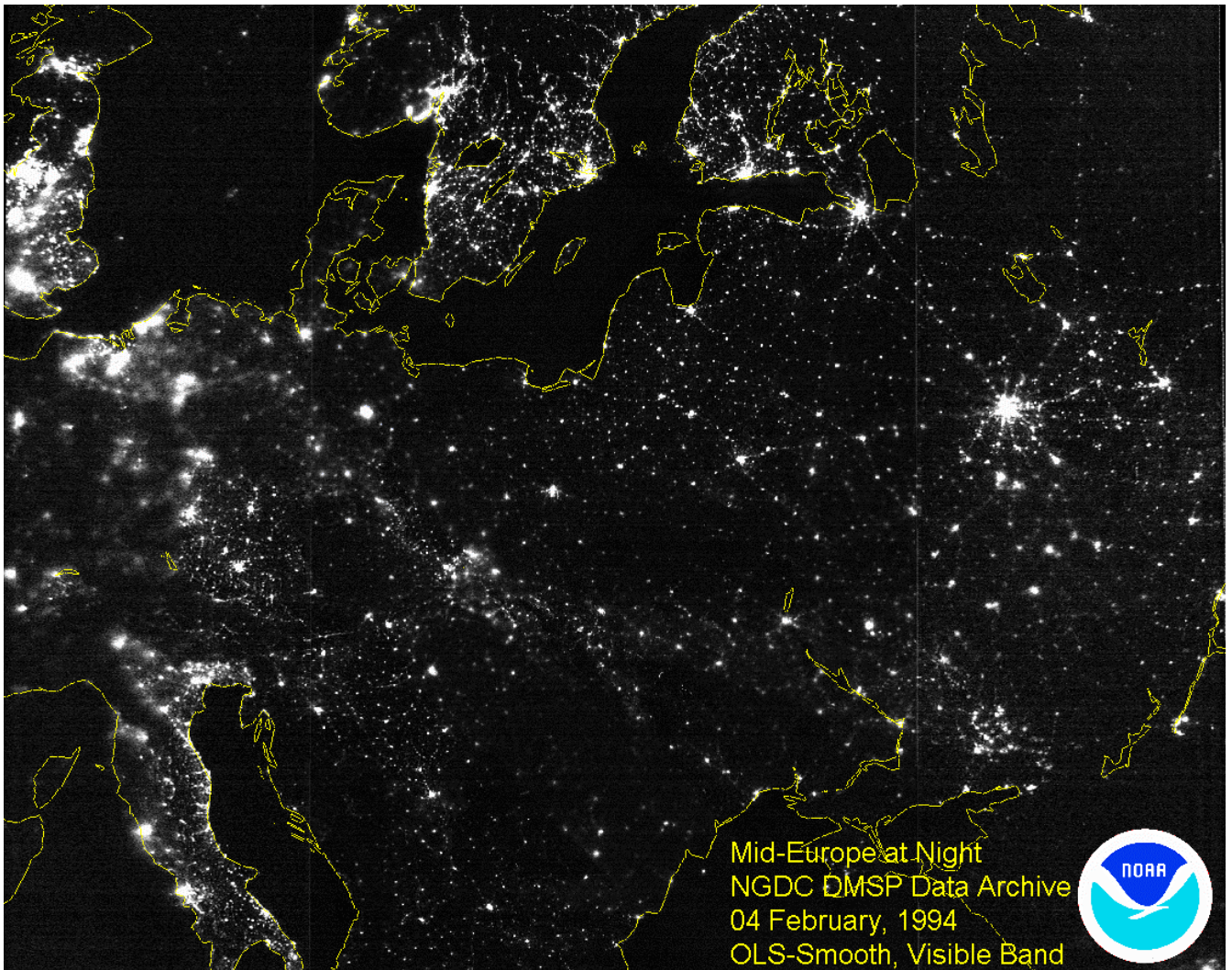
Сонячна система переміщається тепер в іншу частину галактики — у напрямку до сузір'я Геркулеса. Десь із середини 1950-х років і донині ми перетинаємо магнітосмуговий галактичний струмінь і наштовхуємося на скупчення речовини (іонів водню, гелію, гідроксилів, кисню тощо). Потoki намагніченої плазми почали надходити всередину Сонячної системи. Зростає кількість речовини в просторі між планетами. Земля почала швидше реагувати на Сонце — хмара речовини плазми іноді досягає орбіти Землі не за 1,5—2 доби, а менш ніж за 10 годин! Причина в тому, що Сонячна система в даний час занурилася у водневий «пухир». Що підтверджують і дослідники НАСА, котрі оприлюднили ці дані через Інтернет у червні 1999-го. Зростання вмісту водню в міжпланетному просторі й у всій Сонячній системі означає, що різко зросла швидкість обміну речовиною й енергією планет і Сонця одне з одним. Постійне внесення в атмосферу Землі додаткової енергії та речовини викликає всі ті зміни, які ми спостерігаємо навколо. У тому числі й глобальне затемнення.



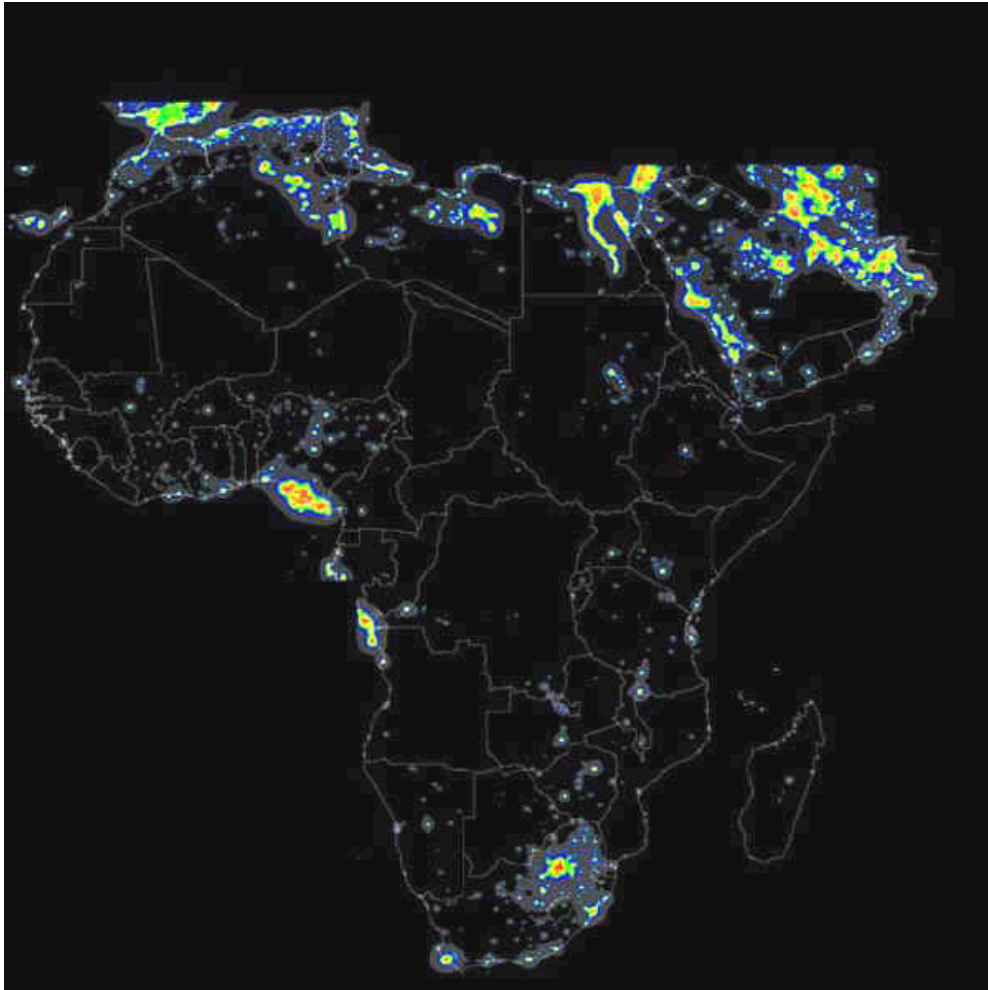
Освітлення Великої Британії.



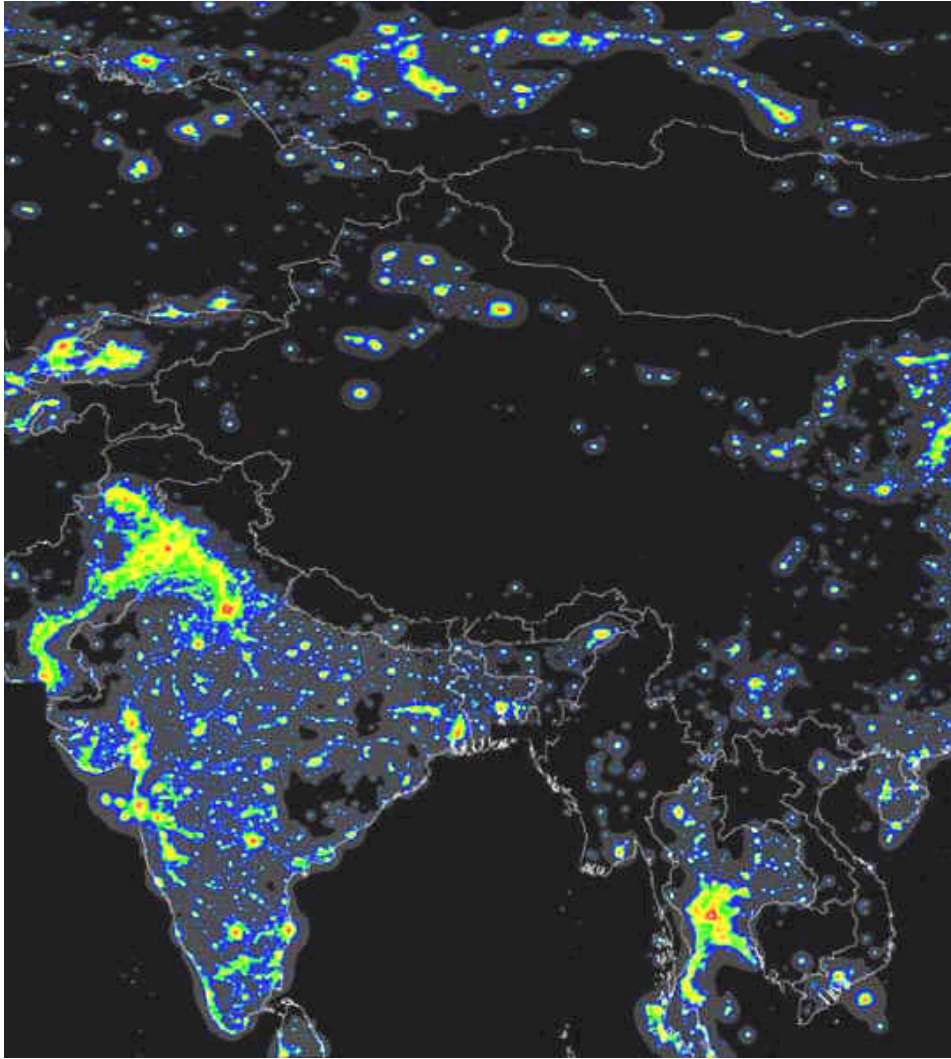
Світлове забруднення атмосфери Європи.



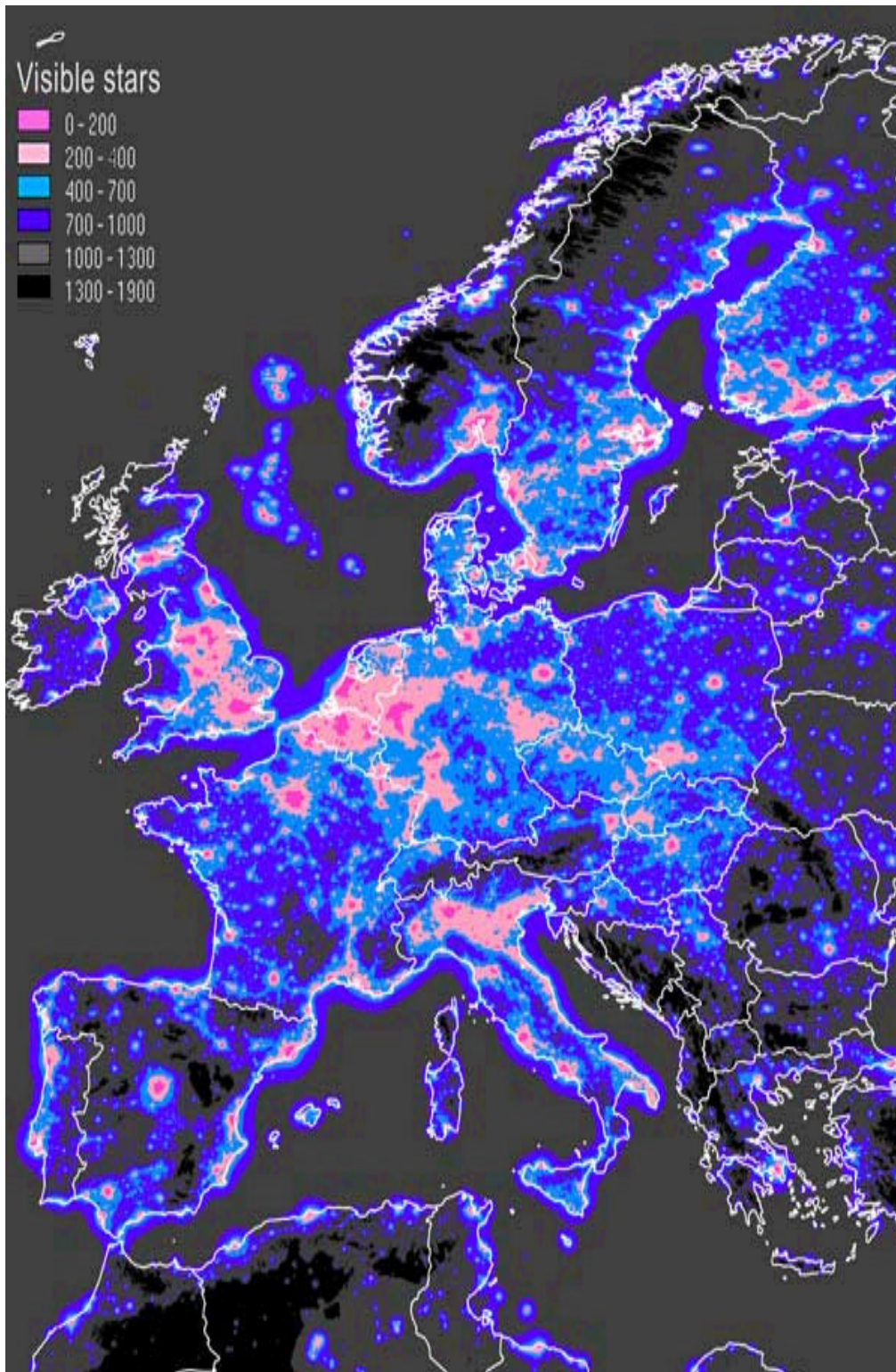
Освітлення Європи



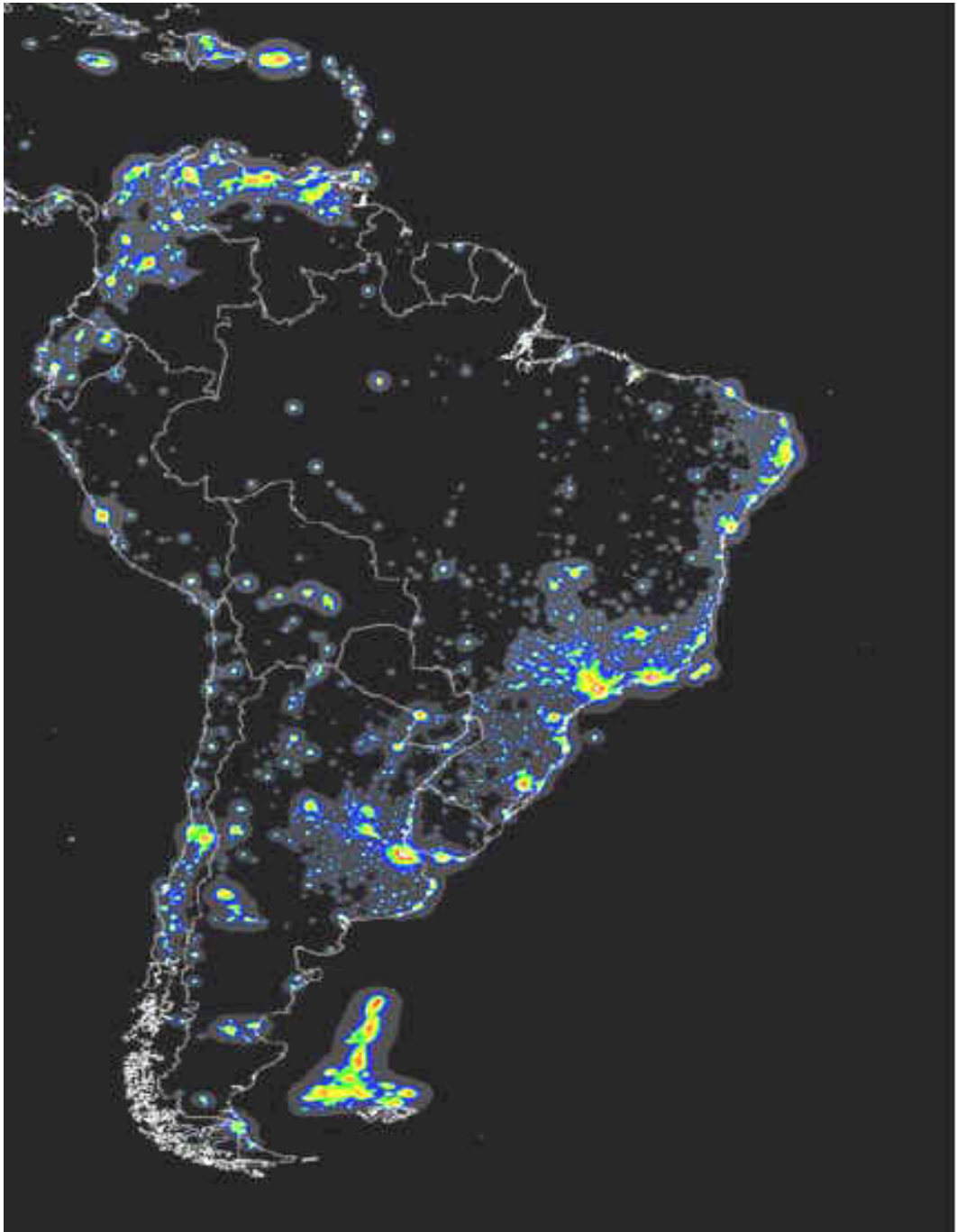
Освітлення Африки



Освітлення Азії



Світлове забруднення атмосфери Європи.



Освітлення Південної Америки.

В дійсно темному небі незброєним оком можна побачити біля 50 зірок Оріона, однак тільки 2% учасників експерименту змогли побачити більше 30 зірок. 54% заявили, що бачили 10 зірок цього сузір'я, що свідчить про дуже сильне світлове забруднення неба.



Група дизайнерів "Цивільні сумерки" (Civil Twilight) із Сан-Франциско задалася питанням: "Що вийде, якщо вуличні ліхтарі зможуть реагувати на зміни в місячному світлі, змінюючи свою яскравість у міру того, як міняються фази Місяця?"

Думка про плавне регулювання яскравості міських ліхтарів у залежності від природного освітлення, сама по собі, не нова. У простому виді — це більш раннє чи більш пізніше включення/вимикання освітлення в залежності від часу року.

Куди цікавіше, якщо система гнучка і дозволяє оперативно змінювати яскравість ліхтарів у деяких межах, у міру того як міняється яскравість неба чи в залежності від якихось інших умов.

Але автори проекту "Місячно-резонансне вуличне освітлення" (Lunar-resonant streetlights) довели цю ідею до досконалості. Ясними ночами, коли над містом повний Місяць, вуличні ліхтарі можна був би виключати цілком. А звідси один крок до головної думки проекту: автоматика повинна плавно змінювати яскравість ліхтарів синхронно з місячними фазами.

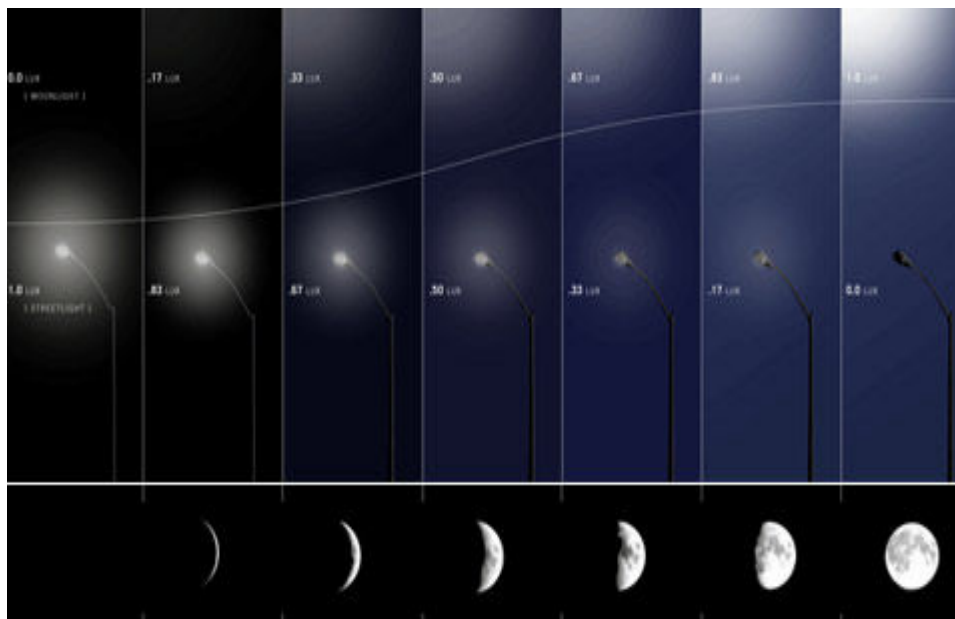


На цій комп'ютерній картинці показаний вид нічного міста, яким він може стати, якщо прийме концепцію "Місячно-резонансного вуличного освітлення" (ілюстрація Civil Twilight).



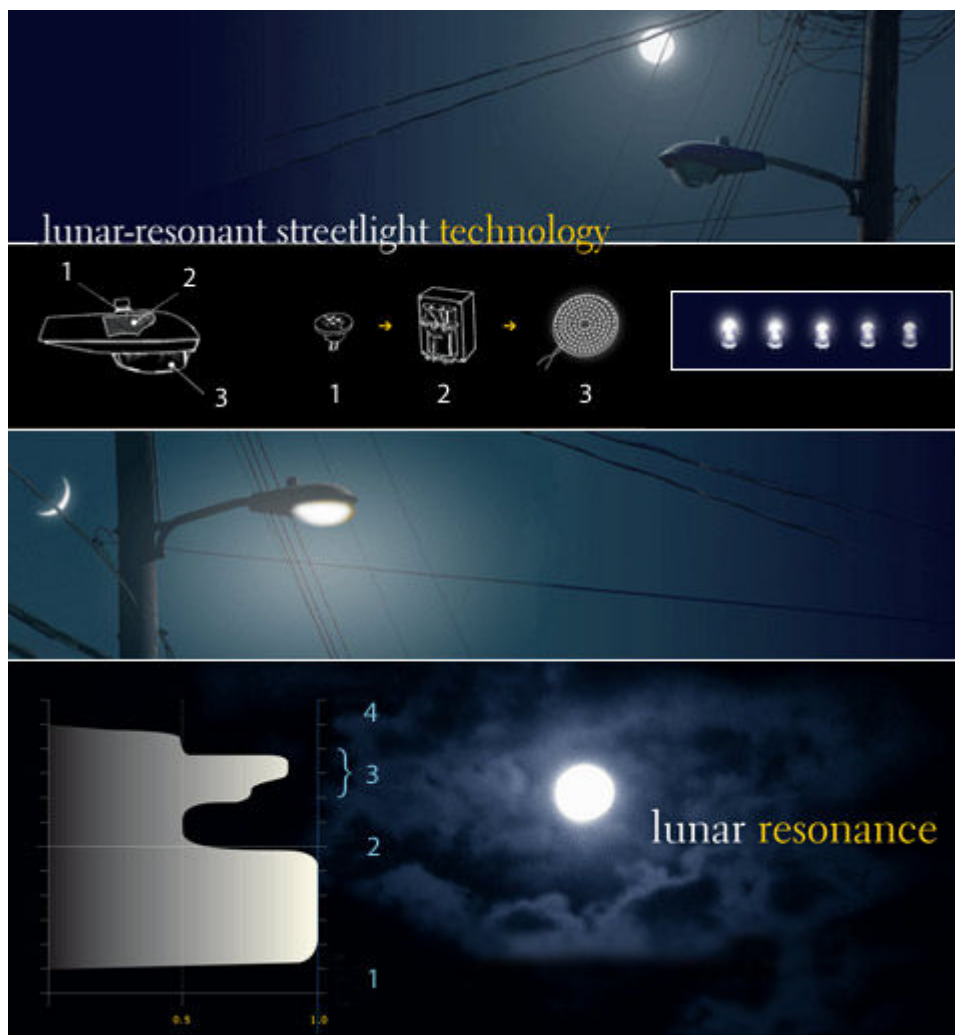
А так цей же самий район виглядає при повному вуличному освітленні (ілюстрація Civil Twilight).

Схема проста, але вона могла б заощадити від 80% до 95% енергії, необхідної для вуличного освітлення. А на звичайні міські ліхтарі йде майже 40% електрики, що витрачається на освітлення в Штатах, повідомляють автори системи.



Основна ідея проекту: пропорція між місячним і електричним освітленням плавно змінюється в міру проходження місячного циклу, в сумі даючи приблизно ту саму освітленість вулиць (ілюстрації Civil Twilight). Зрозуміло, щоб гарантувати більш-менш нормальне освітлення вулиць, Lunar-resonant streetlights повинне

реагувати не тільки на фази Місяця, але і на зміну погоди. Хмарність



і зниження освітленості викликало б локальний ріст яскравості ліхтарів, і коливання накладалися б на загальний "місячний" графік роботи системи.

Пристрій такого освітлення представляється Civil Twilight таким чином. Ліхтарі на вулицях повинні бути оснащені безліччю яскравих білих світлодіодів, замість звичайних ламп (тільки це вже заощадить енергію). В середині ліхтаря повинна розміститися проста схема, що регулює його яскравість в залежності від місячного календаря, а також з "оглядкою"

на природну освітленість вулиць, для чого у верхній частині корпусу повинний стояти дуже чутливий фотодатчик, звернений до неба.

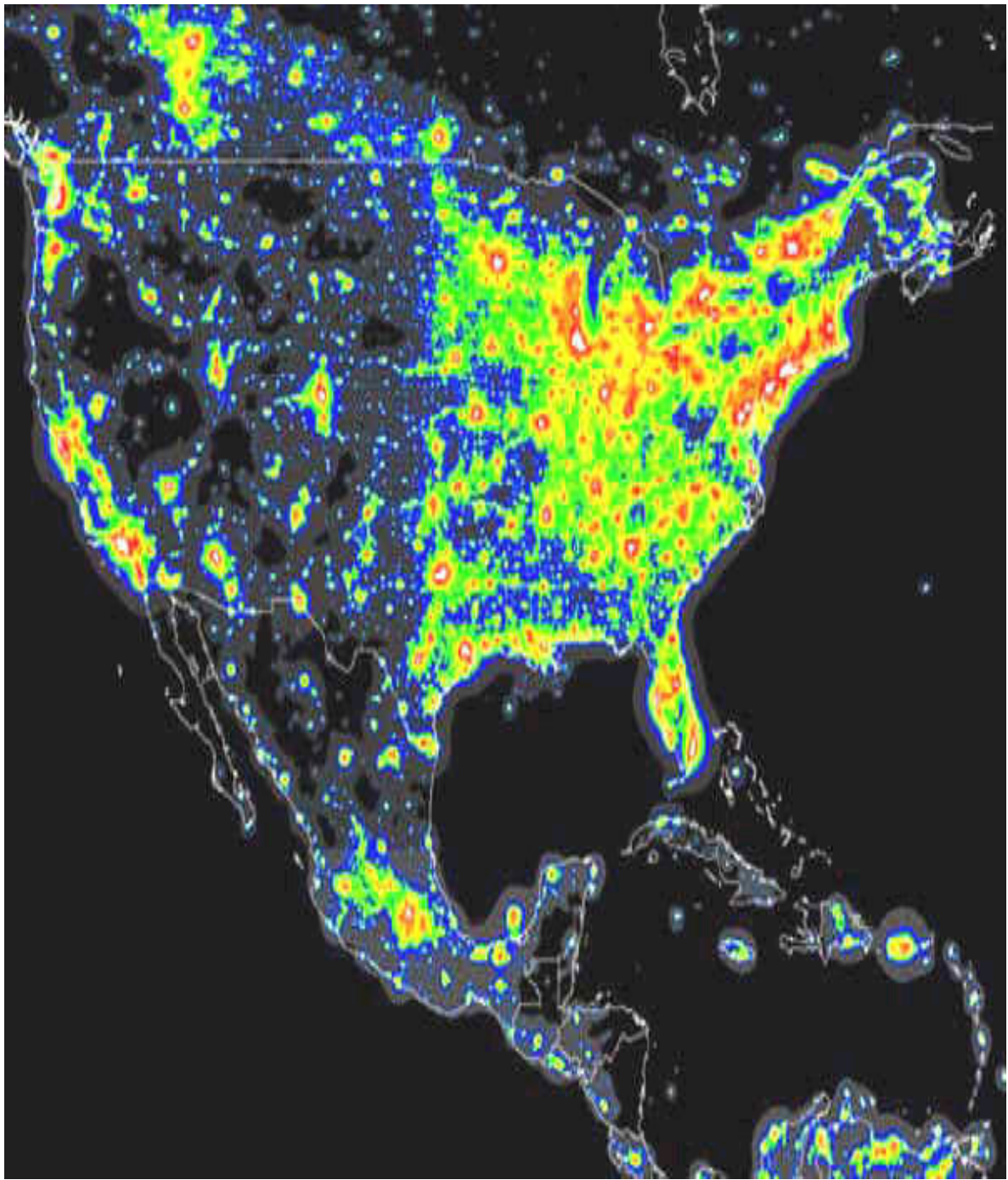
Вгорі: пристрій ліхтаря *Lunar-resonant streetlights*. 1 — датчик зовнішньої освітленості, 2 — диммер (регулятор яскравості), 3 — кластер світлодіодів. Внизу: реакція системи на схід місяця і тимчасову хмарність (по горизонталі відзначена вихідна потужність ліхтарів від 0 до 1, по вертикалі — час). 1 — захід Сонця, 2 — схід Місяця, 3 — хмарність, 4 — схід Сонця (ілюстрації *Civil Twilight*).

Цікаво, що впровадження *Lunar-resonant streetlights* у містах зробить їхній більш схожими на сільські райони. Вночі при повному Місяці тут виникне незвична для городян, у чомусь романтична атмосфера, із глибокими тінями і залитими місячним світлом відкритими просторами.



Вид ділянки вулиці при повному Місяці і "старому" місяці у випадку роботи системи *Lunar-resonant streetlights* (ілюстрації *Civil Twilight*).

Але при всіх спірних моментах ідея *Lunar-resonant streetlights* заслуговує на увагу. У всякому разі там, де значну частину року небо ясне і можна одержати найбільшу вигоду від світла Місяця. Не дивно, що в нинішньому році проект Уилліса, Лидон і Сили переміг у конкурсі *Metropolis Next Generation*, темою якого було "Енергія, її економія, альтернативні види джерел".



Освітлення США.

Джерела посилань.

- 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/
- 7.[http://www.lightpollution.it/cinzano/en/index.html#online books](http://www.lightpollution.it/cinzano/en/index.html#online%20books)
- 8.<http://www.lightpollution.it/worldatlas/pages/fig1.htm>
- 9.<http://www.install-pro.ru/archive/009/46-49.shtml>
- 10.www.darksky.org
- 11.www.flap.org
- 12.www.iac.es/galeria/fpaz/eng.htm
- 13.<http://astro-era.narod.ru/articles/art021.html>
- 14.<http://www.lightpro.ru/iguzzini/lightpol.php>