

УДК 628.9.024

## Світлове забруднення атмосфери: астрономічний аспект проблеми

Семків Юрій Мирославович, Андрійчук Володимир Андрійович,  
Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

Касаркевич Валерій Станіславович,  
Львівський національний університет імені Івана Франка

*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. Кафедра світлотехніки та джерел світла Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя астрономічна обсерваторія Львівського національного університету імені І. Франка проводять сумісне вивчення та дослідження проблеми світлового забруднення атмосфери світлотехнічними пристроями.*

**Вступ.** Штучне світло, мабуть, сама надійна ознака домінування людства на планеті. 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 незброєному оком, можуть розглянути лише кілька десятків самих яскравих з них. І що ще гірше — ця тенденція безупинно зростає в наші дні. 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 спрямоване вгору розсіюється частинками атмосфери (молекулами й аерозолями), що є причиною його світіння. 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.

**Метою** даної роботи є:

- сформувати та реалізувати методика вимірювань яскравості фону нічного неба;
- зафіксувати реальне значення фону неба для подальшого контролю за його станом з огляду на його істотне зростання найближчим часом;
- з’ясувати можливі негативні фактори впливу штучної засвітки фону неба на астрономічні спостереження.

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 чуттєва 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.

Світло від наземних джерел — серйозна перешкода для астрономічних спостережень. Здавна обсерваторії будували вдалині від міст. Італійські астрономи Пьєрантоніо 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 пилу. Виявилося, 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 ясного нічного неба. Воно вимірюється в сумарній річній кількості годин 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 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, 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.

Одним із простих способів дати кількісну оцінку якості неба є вказівка на саму слабку зірку, видимою неозброєним оком. Для визначення слабшої з видимих зірок прийнято використовувати область неба поблизу північного полюса світу. Ця область має ряд переваг: на середніх північних широтах вона не заходить за горизонт; її висота не міняється протягом ночі, так що зміною прозорості атмосфери з висотою можна знехтувати; в цій області немає яскравих зірок і не буває планет, які б засліплювали око.

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

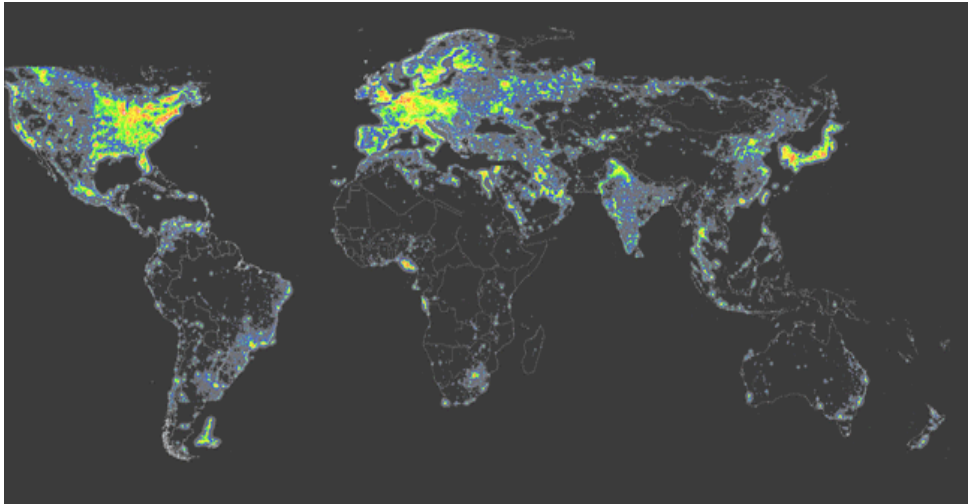
Теза, що тепер всі астрономічні спостереження можна проводити з космосу, не витримує критики, оскільки немає змісту робити за великі гроші в космосі те, що можна значно дешевше зробити на Землі. Чотири десятиліття космічної астрономії показали, що з орбіти потрібно спостерігати лише те, що недоступно 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

**Фото 1. Освітленість Землі**



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 необхідного освітлення.

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; email: [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. Шкідливі для астрономії є 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 з жовтуватим світлом, що займає один відсоток спектра, що цікавить астрономів. Якщо такий ліхтар ще має відбивач, який направляє світло до землі, то шкоди для телескопів майже немає. "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.

Вчені пророкують, що зміна падаючого на Землю світла грозять 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.

При цьому страждають і тварини, що ведуть нічний спосіб життя. Зайве світло погано діє практично на всі нічні види. Якись з їх 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 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.

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. 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.

Сучасне суспільство, використовуючи економічні і законодавчі важелі, здатне грамотно вирішувати світлотехнічні задачі на основі наукової стратегії, орієнтованої на технічний прогрес. Для цього необхідно застосовувати енергозберігаючі джерела світла (наприклад, світлодіоди), ефективні прилади і раціональні прийоми освітлення.

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 сяйва вище. При відсутності полярного сяйва 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. В 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 біля

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.

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

$$m = 12,4^m - 2,5 \lg B, \quad (1)$$

де  $B$  — яскравість, виражена в  $\text{кд}/\text{м}^2$ . Наприклад, яскравість туманності в  $0,0005 \text{ кд}/\text{м}^2$  дорівнює  $20,6^m$  /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  $23^m$  /кв. секунди ( $5,8 \cdot 10^{-5} \text{ кд}/\text{м}^2$ ). На більшості обсерваторій яскравість неба в  $22,5^m$  /кв. секунди ( $10^{-4} \text{ кд}/\text{м}^2$ ) вважається чудовою. Яскравість рукавів галактики Андромеди М31, що ще виходять на звичайних фотографіях, дорівнює  $22,8^m$  /кв. секунди, чи  $6,9 \cdot 10^{-5} \text{ кд}/\text{м}^2$ . Якщо цю яскравість скласти з яскравістю неба, сумарна яскравість виявиться вище

$M_c = 10^{-4} + 6,9 \cdot 10^{-5} = 16,9 \cdot 10^{-5} \text{ кд}/\text{м}^2$ , чи  $21,8^m$  / кв. секунди.

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

*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, 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 години, коли в цьому немає необхідності, використовуючи систему подвійного режиму.

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

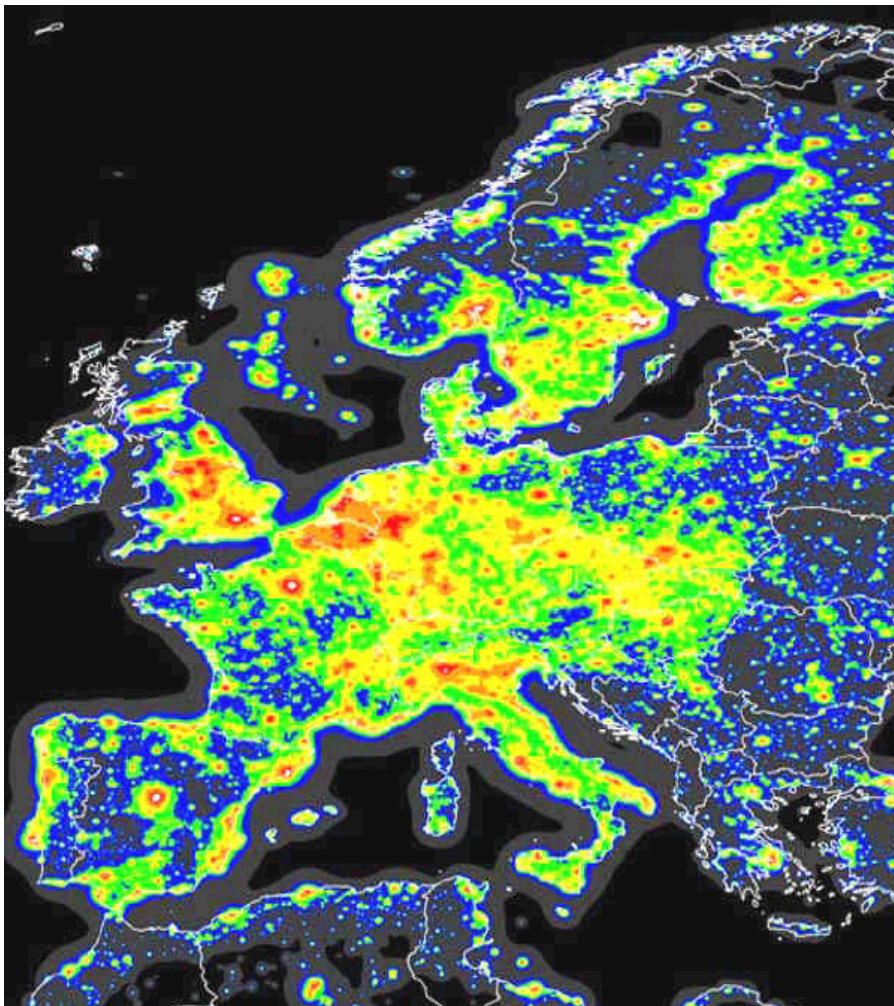
- обмеження відхилення оптики до максимально можливого рівня, направляючи світло прямо (якщо в цьому є необхідність) і використання асиметричної оптики;
- використання технічних рішень, при яких світло направляється знизу нагору;
- використання (для освітлювальних приладів розташованих на рівні землі)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

Перший у світі атлас штучної засвітки неба (повна назва — "Всесвітній атлас штучної яскравості нічного неба в зеніті 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 чутливою 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.

Фото 2. Освітленість Європи.



Експериментальні дослідження по заміру фону світлового забруднення проводились на замиській станції астрономічної обсерваторії Львівського національного університету.

#### Основні завдання :

1. Сформувати та реалізувати методику вимірювань яскравості фону нічного неба.
2. Зафіксувати реальне значення фону неба для подальшого контролю за його станом з огляду на його істотне зростання найближчим часом.
3. З'ясувати можливі негативні фактори впливу штучної засвітки фону неба на астрономічні спостереження ( фотометрію змінних зір ).
4. Порівняти фон неба в смт. Брюховичі з його значеннями для інших обсерваторій.
5. Надати отримані дані щодо просторового розподілу фону нічного неба для прикладних досліджень в Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя.

#### Алгоритм визначення яскравості нічного неба при відсутності місячної та сонячної засвітки

1. Порівняння яскравості фону неба з яскравістю РЛД
2. Визначення UBVR<sub>I</sub> – зоряних величин РЛД
3. Прив'язка інструментальної фотометричної системи АЗТ-14 до UBVR<sub>I</sub> – широкосмугової системи Джонсона.
4. Перерахунок яскравості фону неба з площадки робочої діафрагми діаметром 27 " на площадку діаметром 1 " .
5. Перехід від астрономічних ( $\text{mag} \cdot \text{arcsec}^{-2}$ ) до технічних ( $\text{erg} \cdot \text{сек.}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$ ) одиниць освітленості.

#### На графіках і в таблицях відображені залежності :

- засвітленості неба від висоти над горизонтом по меридіану, і в залежності від часового кута;
- порівняння яскравості нічного неба в області зеніту небесної сфери для різних обсерваторій світу;
- яскравість нічного неба в біля полярній області;
- порівняння яскравості нічного неба в області зеніту небесної сфери для різних обсерваторій світу;
- екстремальні зміни фону нічного неба ( виміряні через діафрагму діаметром 27 " ) при зміні часового кута на 1 год .;
- прояв максимального впливу штучної засвітки на яскравість фону неба.

Позначення на графіках:

$V, m(\text{mag})$  - яскравість неба в зоряних величинах ( $\text{mag}$ ) на квадратну секунду ( $\text{mag} \cdot \text{arcsec}^{-2}$ );

$\Delta m$  – зміна яскравості неба в зоряних величинах на квадратну секунду ( $\text{mag} \cdot \text{arcsec}^{-2}$ );

$\delta$  – схилення (одна із сферичних координат), градусах;

$H$  - висота над рівнем моря, м;

$h$ - висота над горизонтом, град;

$t$ - часовий кут, години;

$U, B, V, R, I, \text{integral}$  – фільтри, що застосовуються в астрофізиці.

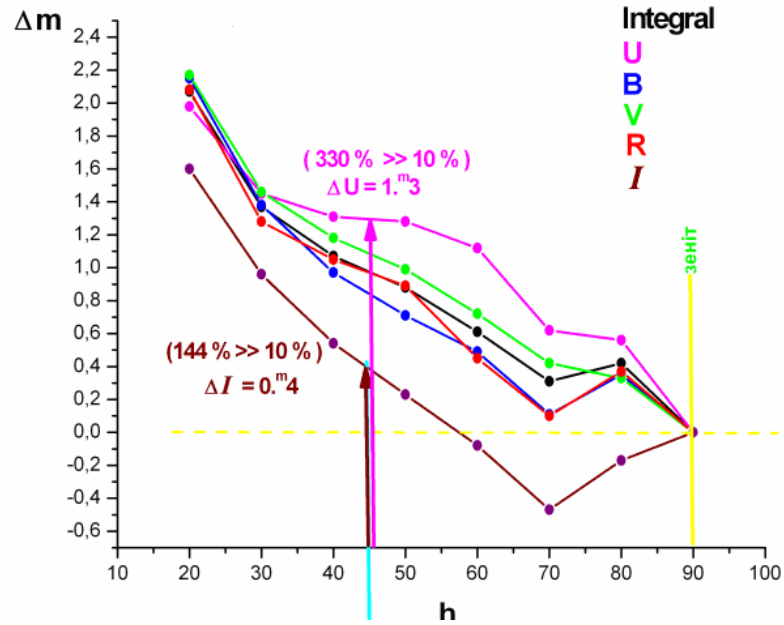


Рис. 1. Зміна яскравості неба  $\Delta m$  (в зоряних величинах на квадратну секунду ( $\text{mag} \cdot \text{arcsec}^{-2}$ ), в залежності від висоти над горизонтом  $h$  (в градусах) і від вибору фільтра.

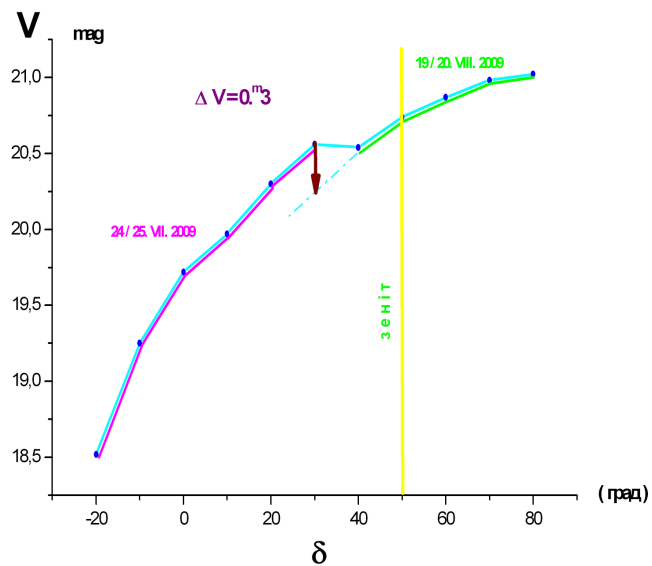


Рис. 2. Залежність штучної засвітки неба  $V$  (mag) в південному напрямку від схилення  $\delta$  (град).



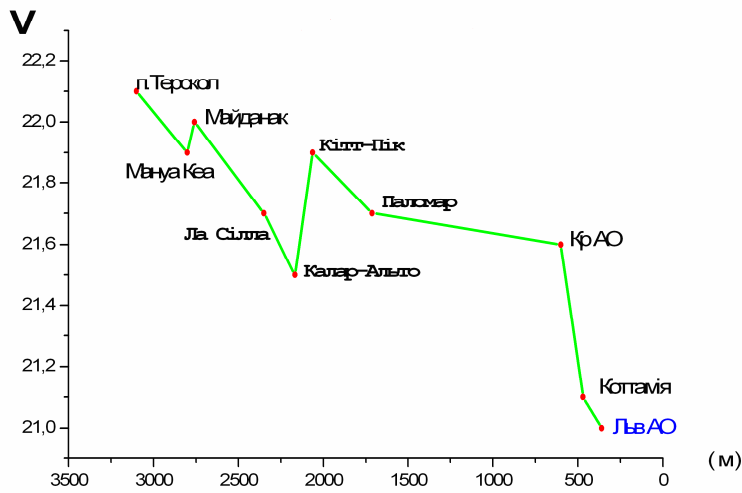


Рис. 3. Порівняння яскравості нічного неба  $V$  (mag) в області зеніту небесної сфери для різних обсерваторій світу в залежності від висоти над рівнем моря ( метрах).

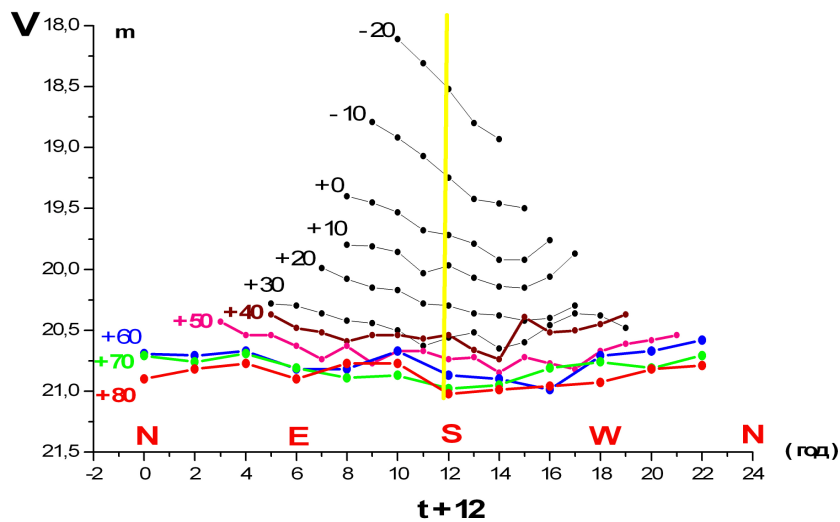


Рис. 4. Яскравість нічного неба  $V$  (mag) від зміни сферичної координати схилення  $\delta$  (від +80 до - 20 градусів) та часового кута  $t$  (годинах).

**Порівняння яскравості нічного неба в області зеніту небесної сфери  
для різних обсерваторій світу**

Таблиця 1.

Обсерваторія	Місце розташування	Висота над рівнем моря (м)	V mag · arcsec <sup>-2</sup>	B mag · arcsec <sup>-2</sup>
Пік Терскол	Північний Кавказ, Росія/Україна	3100	22.1	23.0
Майданак	Узбекистан	2760	22.0	22.9
Кітт-Пік	Арізона, США	2064	21.9	22.9
Мануа Кеа	Гаваї, США	2800	21.9	22.8
Ла Сілла	Чилі	2350	21.7	22.8
Паломар	Каліфорнія, США	1713	21.7	22.7
Калар-Альто	Андалузія, Іспанія	2168	21.5	22.6
КраО	Сімферополь (25 км) Україна	600	21.6	22.6
Котгамія	Каїр (70 км) Єгипет	470	21.1	22.3
АО смт. Брюховичі	Львів (10 км) Україна	360	21.0	21.5

## Яскравість нічного неба у біля-полярній області

Таблиця 2

Смуга	Зоряна величина (mag · arcsec <sup>-2</sup> )	Точність оцінки блиску $\sigma_{-20} \div \sigma_{+80}$ ( mag )	Потік (erg · с <sup>-1</sup> · см <sup>-2</sup> )	Зоряна величина з діафрагми = 27'' ( mag )
U	21.8	0.20 ÷ 0.27	$3.0 \cdot 10^{-15}$	14.9
B	21.5	0.10 ÷ 0.18	$1.7 \cdot 10^{-14}$	14.6
V	21.0	0.06 ÷ 0.13	$1.2 \cdot 10^{-14}$	14.1
R	20.5	0.07 ÷ 0.14	$2.3 \cdot 10^{-14}$	13.6
I	20.1	0.15 ÷ 0.25	$1.7 \cdot 10^{-14}$	13.2

Екстремальні зміни фону нічного неба (виміряні через діафрагму діаметром 27'')  
при зміні часового кута на 1 год .

Таблиця 3.

Смуга	$\delta = +20^\circ$	$\delta = +50^\circ$
U	13. <sup>m</sup> 80 – 13. <sup>m</sup> 93	13. <sup>m</sup> 80 - 13. <sup>m</sup> 93
B	13.90 – 13.94	14.30 – 14.34
V	13.25 – 13.31	13.80 – 13.86
R	13.00 – 13.11	13.70 – 13.75
I	13.60 – 13.71	13.90 – 13.96

**Прояв максимального впливу штучної засвітки на яскравість фону неба**

**Таблиця 4**

Смуга	Max	Min	Max - Min	( $\delta$ , $t_{\max}$ )	Відчутно вплив до $\delta$
<b>Integral</b>	<b>18.<sup>m</sup>4</b>	<b>20.<sup>m</sup>2</b>	<b>1.<sup>m</sup>8</b>	<b>- 20°, 22<sup>h</sup></b>	<b>+ 80°</b>
<b>U</b>	<b>18.8</b>	<b>20.6</b>	<b>1.8</b>	<b>- 20°, 22<sup>h</sup></b>	<b>+ 60°</b>
<b>B</b>	<b>18.8</b>	<b>19.5</b>	<b>0.7</b>	<b>- 20°, 22<sup>h</sup></b>	<b>+ 20°</b>
<b>V</b>	<b>18.1</b>	<b>20.2</b>	<b>2.1</b>	<b>- 20°, 22<sup>h</sup></b>	<b>+ 20°</b>
<b>R</b>	<b>17.8</b>	<b>19.8</b>	<b>2.0</b>	<b>- 20°, 22<sup>h</sup></b>	<b>+ 80°</b>
<b>I</b>	<b>18.0</b>	<b>18.7</b>	<b>0.7</b>	<b>- 20°, 22<sup>h</sup></b>	<b>+ 20°</b>

**Висновки**

1. Отримані значення потоків світла від нічного неба в напрямку часового кута 20<sup>h</sup> для  $\delta = -20^\circ$  значно перевищують фон неба в кращих по астроклімату обсерваторіях світу. У В- фільтрі фон складав 18.8<sup>m</sup> проти 22.0<sup>m</sup> (перевищення в 19 раз), а у V-фільтрі відповідно 18.1<sup>m</sup> проти 21.6<sup>m</sup> (перевищення в 25 разів).
2. В області зеніту та біля північного полюсу небесної сфери яскравість фону неба наближається до дещо кращих умов : У V- фільтрі вона становить 21<sup>m</sup>.0 проти 21<sup>m</sup>.6, а у В-фільтрі відповідно 21<sup>m</sup>.5 проти 22<sup>m</sup>.0
3. Вплив штучної засвітки на яскравість фону неба для безмісячних ночей спостерігається практично до полярної області небесної сфери.
4. Помітна залежність розкиду фону неба в полярній області від спектрального діапазону - потребує детальніших досліджень.
5. Яскравість фону нічного неба в напрямку від зеніту на північ зазнає істотно меншого впливу штучної засвітки – тому може прийматись за перше наближення до природного фону нічного неба.

6. Спостережувана змінність фону неба під час електрофотометричних спостережень змінних зірок методом диференційної електрофотометрії (при застосуванні ФЕП) залишається нехтовно малою, порівняно із блиском спостережуваних зірок.
7. Для постійного контролю за станом яскравості нічного неба – необхідно змінити методику спостережень (вибір фіксованих біля-полярних площадок з відсутністю небесних об'єктів яскравіших за  $V=14^m$ )
8. Для коректного отримання просторового розподілу штучної засвітки нічного неба необхідно перейти до спостережень в горизонтальній системі координат (висота + азимут).
9. Встановлено істотну відмінність ( $\Delta m = 0.^m3 \div 0.^m5$ ) яскравості фону нічного неба в південному напрямку для двох дат спостережень 24/25.VII та 19/20.VIII. 2009 року.
10. Встановлено, що в напрямку на м. Львів на висоті  $45^\circ$  над горизонтом яскравість штучної засвітки неба перевищує природний фон неба на  $144 \div 330 \%$ , в залежності від фотометричної смуги, при гранично допустимому значенні  $10 \%$ .
11. З метою з'ясування співвідношення природної та штучної складової в яскравості фону нічного неба, та реєстрації очікуваної тенденції його зміни – необхідно продовжити електрофотометричні спостереження в UBVRІ-діапазонах. Аномальне підвищення фону у В-діапазоні імовірно зумовлено особливістю спектрального розподілу штучної за світки від м. Львова.
12. Додатковим джерелом інформації про яскравість фону нічного неба в V,В - фотометричних смугах є його оцінки під час спостереження змінних зірок для ночей з відсутністю засвітки від Місяця.

#### 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. <http://www.lightpollution.it/cinzano/>
7. <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. <http://www.darksky.org>
11. <http://www.flap.org>
12. <http://www.iac.es/galeria/fpaz/eng.htm>
13. <http://astro-era.narod.ru/articles/art021.html>
14. <http://www.lightpro.ru/iguzzini/lightpol.php>