

# Световое загрязнение

Лаборатория астрометрии и звездной астрономии ГАО РАН

# Определение

---

**Любой искусственный свет, выходящий за пределы подлежащей освещению области, включая свет, направленный выше линии горизонта в ночное небо и вызывающий свечение неба (которое затмевает свет звёзд ночью).**



# Влияние чрезмерного освещения

---

## Здоровье человека:

- Угнетение синтеза и секреции мелатонин.
- Увеличение синтеза и секреции пролактина.
- Увеличение порога чувствительности гипоталамуса к торможению эстрогенами.
- Индукцию кист.
- Стимуляцию пролиферативных процессов и рака.
- Усиление образования активных форм кислорода.
- Стимуляцию атеросклероза.

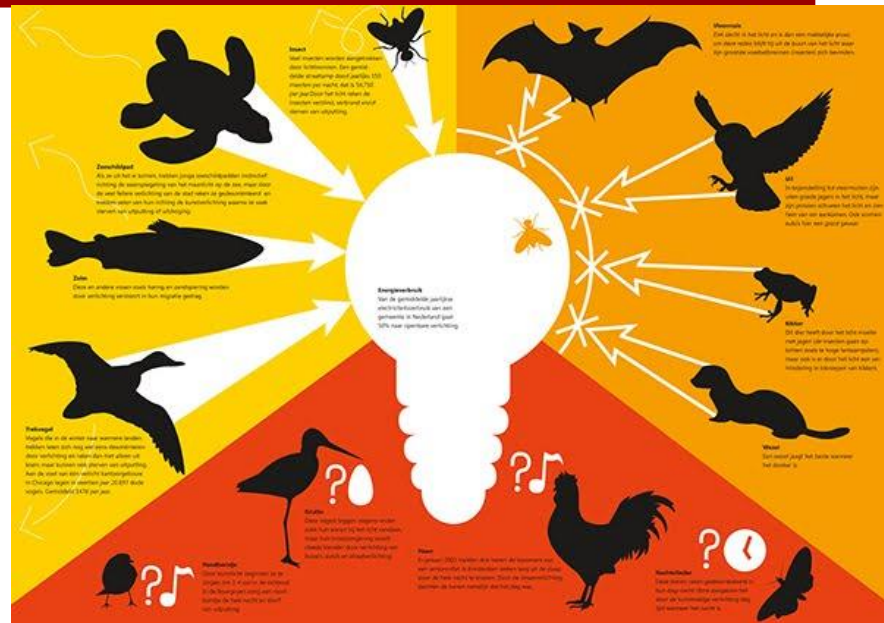


# Влияние чрезмерного освещения

## На жизнь живых существ:

- Убивает перелетных **птиц**, **насекомых**
- дезориентирует ночных **животных**

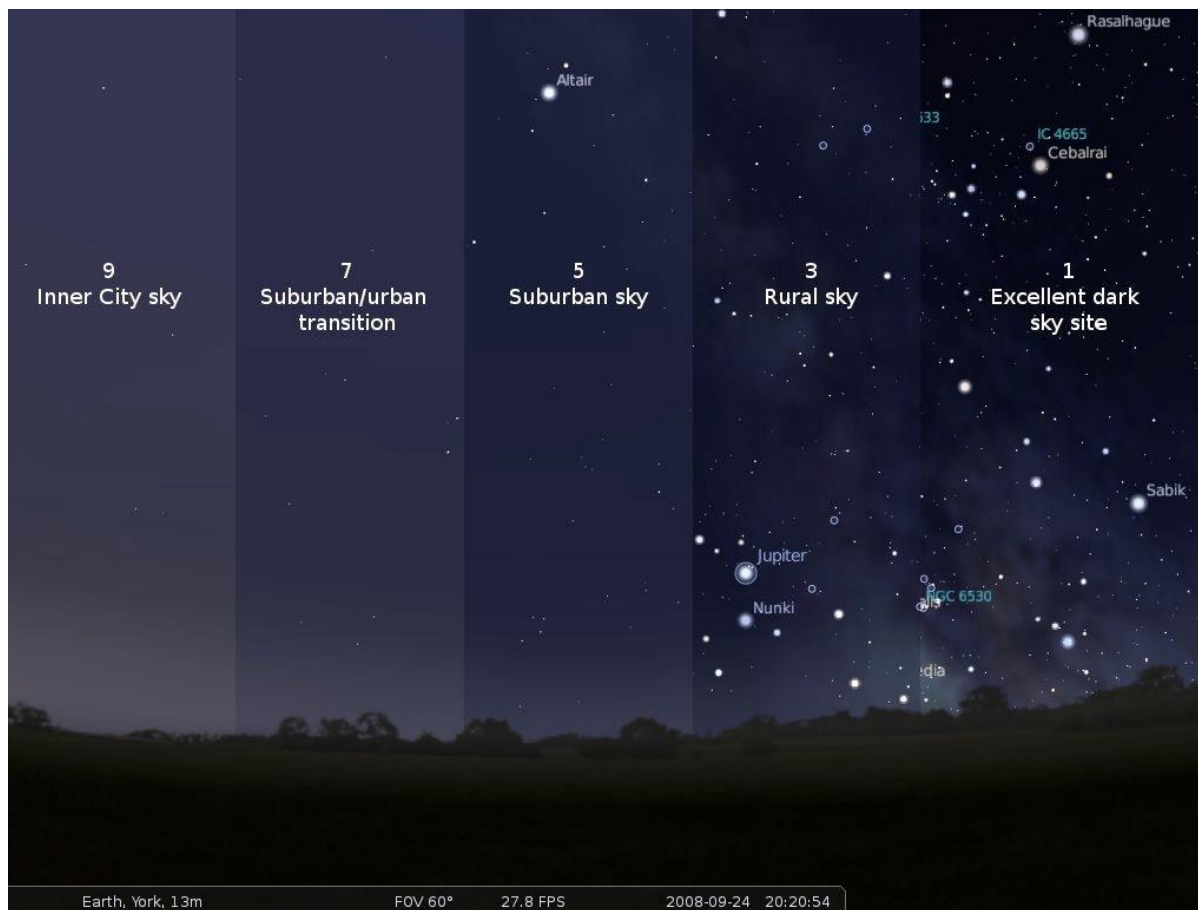
Небольшой баннер на улице города за год убивает около **350 тысяч** насекомых. Они кружатся вокруг ламп, сгорая рядом с ними и разбиваясь.



Новорожденные морские черепашки инстинктивно ползут на свет по направлению к городу, и, запутанные ярким светом фонарей, погибают на городских магистралях от жажды и голода.

Из-за чрезмерно яркого света городов сбиваются с курса перелетные птицы, что также приводит к их гибели.

# Влияние чрезмерного освещения



## На науку:

- Падает проникающая сила телескопов.
- Становятся недоступными для наблюдений галактики, слабые звезды.
- Падает контраст изображений

# Причины чрезмерного освещения

---

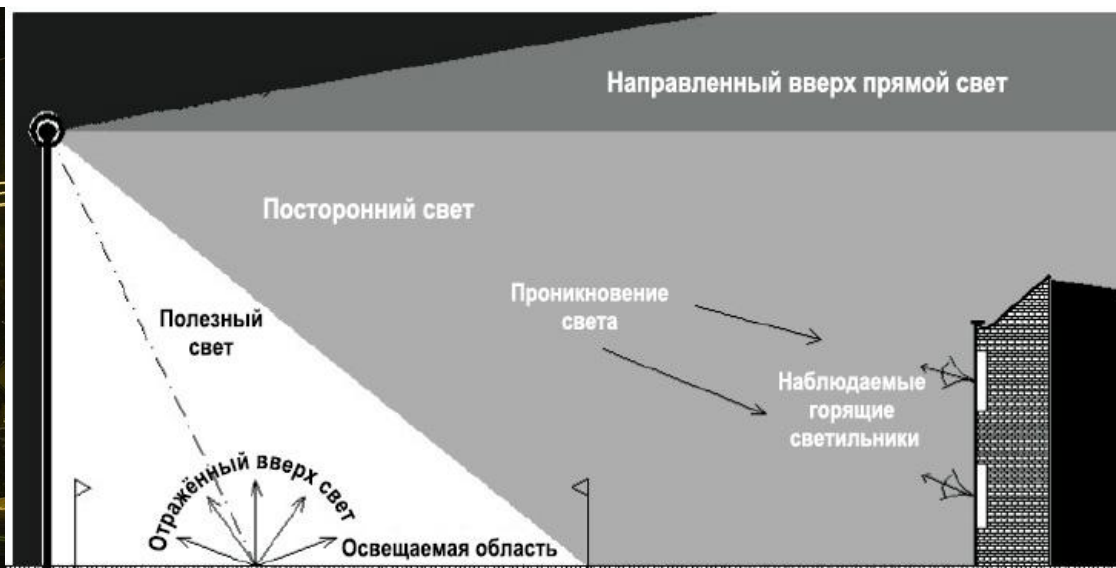
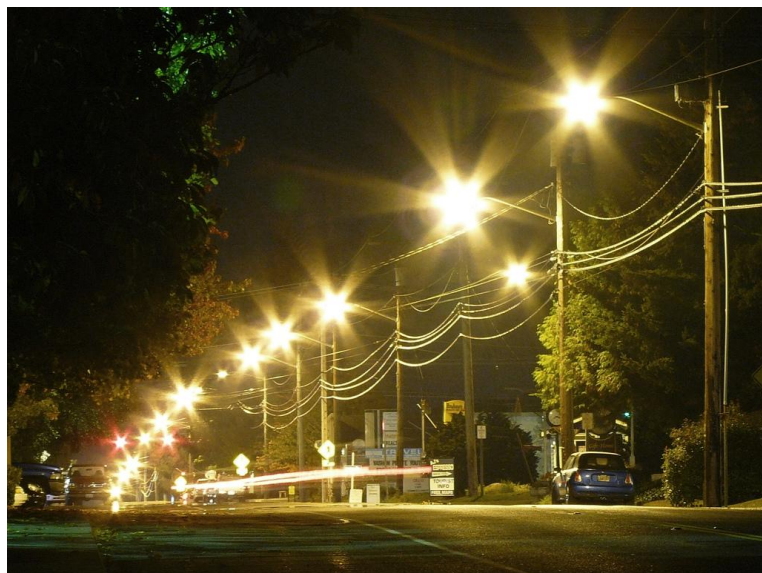
- Социальные факторы. Сообщества сравнительно недавно ушедшие от технической и экономической отсталости злоупотребляют освещением для подчеркивания статуса. «Светим – потому что можем себе это позволить»

«Покорители природы» в Гонконге:



# Причины чрезмерного освещения

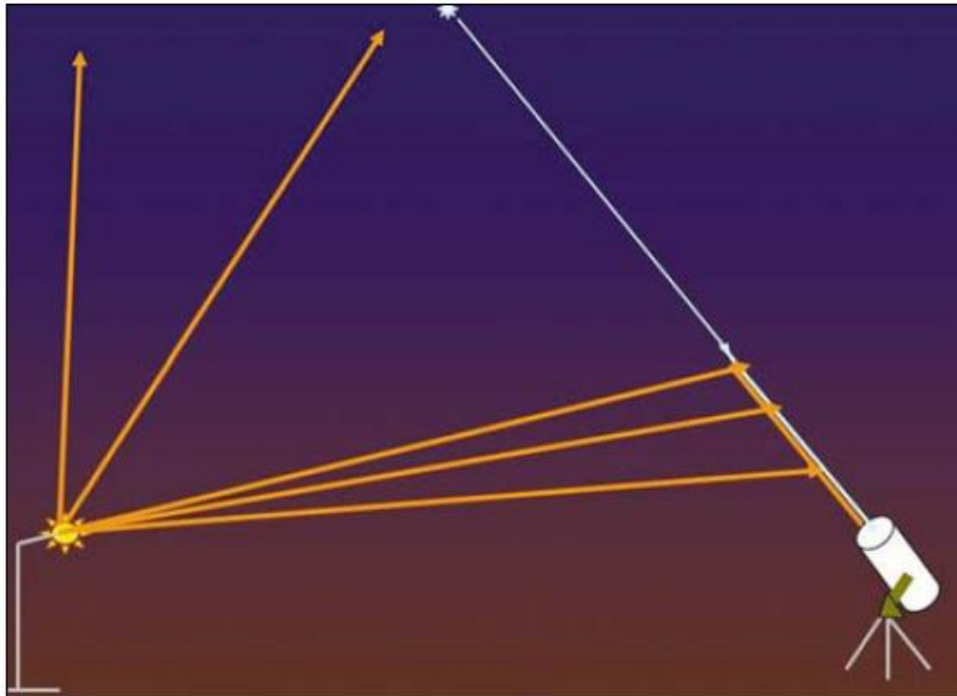
- Технические факторы. Проектные решения заказываются и выполняются некомпетентным персоналом. Освещаются поверхности там где это не требуется, другие освещаются неравномерно и с превышением необходимого уровня освещенности. Используются лампы с неправильно подобранной диаграммой направленности.



# Причины чрезмерного освещения

---

- **Физические факторы.** Свет, рассеянный в верхнюю полусферу, может взаимодействовать с атмосферой, формируя свечение неба. Последнее вызывается рассеянием направленного в верхнюю полусферу света аэрозолями, главным образом, парами воды, а также пылью и загрязнениями. Чем длиннее путь прохождения света через самую нижнюю часть атмосферы, тем больше число встречающихся ему молекул аэрозоля, и тем сильнее он рассеивается.





# Причины чрезмерного освещения

---

- **Отраженный свет.** Все поверхности, кроме матовых чёрных, имеют некие коэффициенты отражения (от 1 до 100). Снег – от 75 до 100. Светят вверх дороги, футбольные поля, парковки для автомобилей, теннисные корты и т.д.



# Способы уменьшения светового загрязнения

---

- **Законодательный.** Остров Ла Пальма и Каталония были первыми, где разработаны нормы освещения в окрестности астрономических обсерваторий. Город Флагстафф в США, «Закон темного неба» в Чехии с 2002 г. и Словения (с 1997 г.), Сидней, Шанхай (с 2010 г.), США – Тусон (с 1972 г.), Канада: города и целые штаты принимают законы регулирующие освещение.
- **Заповедники и парки темного неба.** Статус присвоен восьми паркам в мире: пяти в Северной Америке и трём в Европе (одному в Шотландии (Galloway Forest Park, создан в 2009 г.) и двум в Венгрии).

# Способы уменьшения светового загрязнения

---

- **Законодательный.** Что запрещено или ограничено?
  - Светильники более 20 Вт если излучают вверх (**Словения**)
  - Прожекторы и прямое освещение фасадов зданий
  - Мощности установок общественного освещения не более 50 кВт·ч на душу населения в год для всего дорожного освещения и не более 180 Вт для установок наружного освещения в случае школ и аналогичных объектов.
- Предельная яркость всех фасадов и памятников  $< 1$  кд/ м<sup>2</sup>
- Удельная мощность (Вт/ м<sup>2</sup>) вывесок от 17 до 80 Вт/ м<sup>2</sup> в зависимости от размеров
- Запрещено излучение в верхнюю полусферу (**Чехия**)
- Освещение вывесок должно выключаться в 23-30 и яркость  $< 300$  кд/ м<sup>2</sup> для вывесок до 5 м<sup>2</sup> и 500 кд/ м<sup>2</sup> (более 30 м<sup>2</sup>)
- Минимальное расстояние между уличными светильниками в 4 раза должно высоту их подвеса, выбранную так, чтобы обеспечить полное «экранирование» (**Ломбардия**)

# Способы уменьшения светового загрязнения

---

**Фукуяма, Япония.** Для защиты астрономических наблюдений город в 1989 г. принял свой первый указ в области светового загрязнения



# Ограничения принятые в г. Фукуяма

---

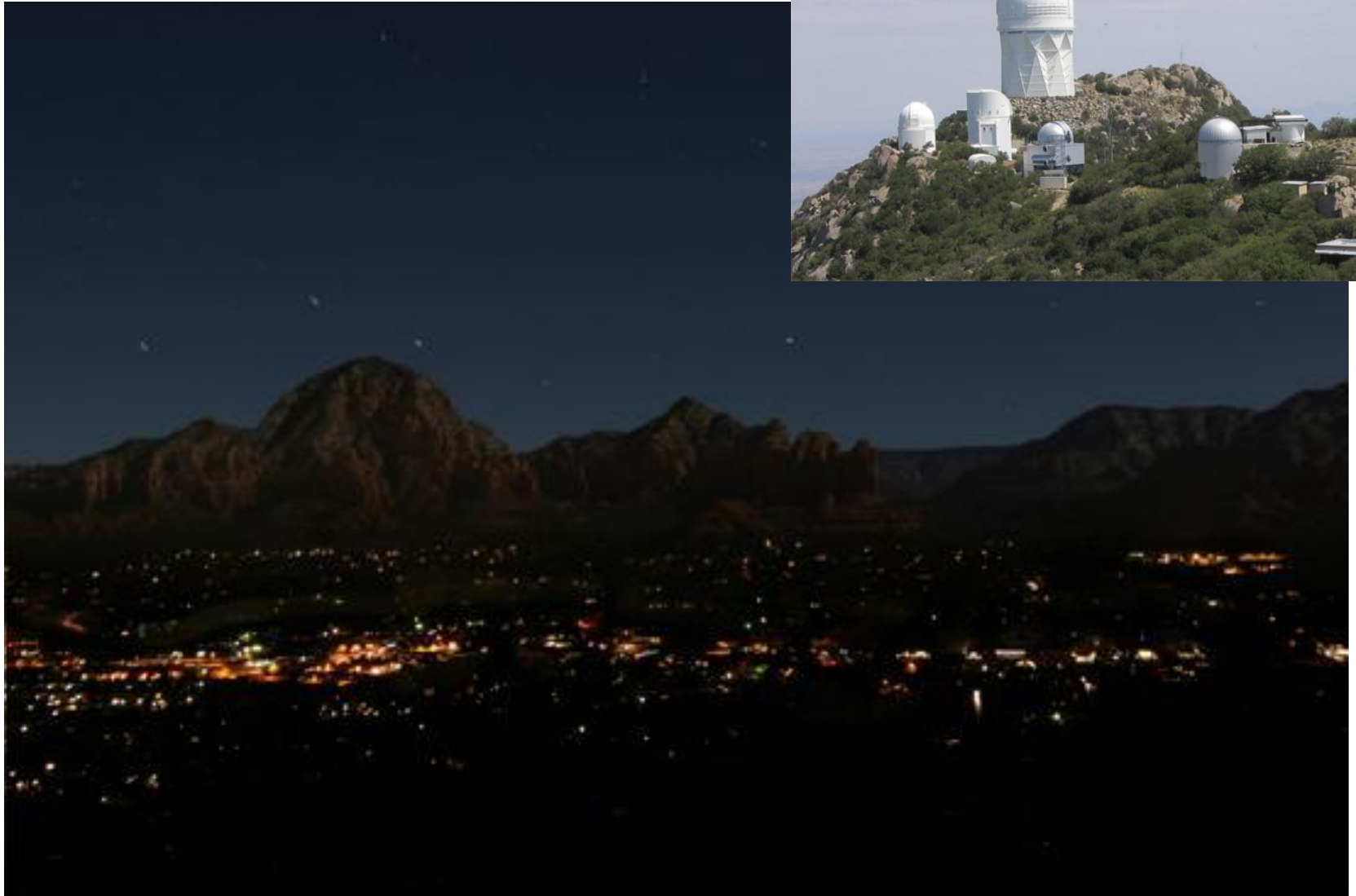
Запрет на наружное освещение позже 22:00.

- Субсидии в размере двух третей затрат на установку, модернизацию или замену не приводящего к световому загрязнению осветительного оборудования.
- Требование, чтобы яркость ночного неба превышала естественную не более чем на 10 %.
- Требование «Экранирование наружных светильников, с тем чтобы отсутствовало излучение в верхнюю полусферу».
- Требование «Всё освещение вывесок должно идти сверху».
- Для наружного освещения рекомендацию использовать натриевые лампы низкого давления.
- Требование «При длительном наружном использовании поисковых прожекторов, прожекторов с узкими пучками света или лазеров запрещено применять устройства, направляющие свет в верхнюю полусферу».
- Экранирование внутреннего освещения крупных торговых помещений – рекомендовано при помощи штор и жалюзи препятствовать проникновению света наружу.

# Способы уменьшения светового загрязнения

---

**Флагстафф, США.** Обсерватория Лоуэлла



# Способы уменьшения светового загрязнения

---

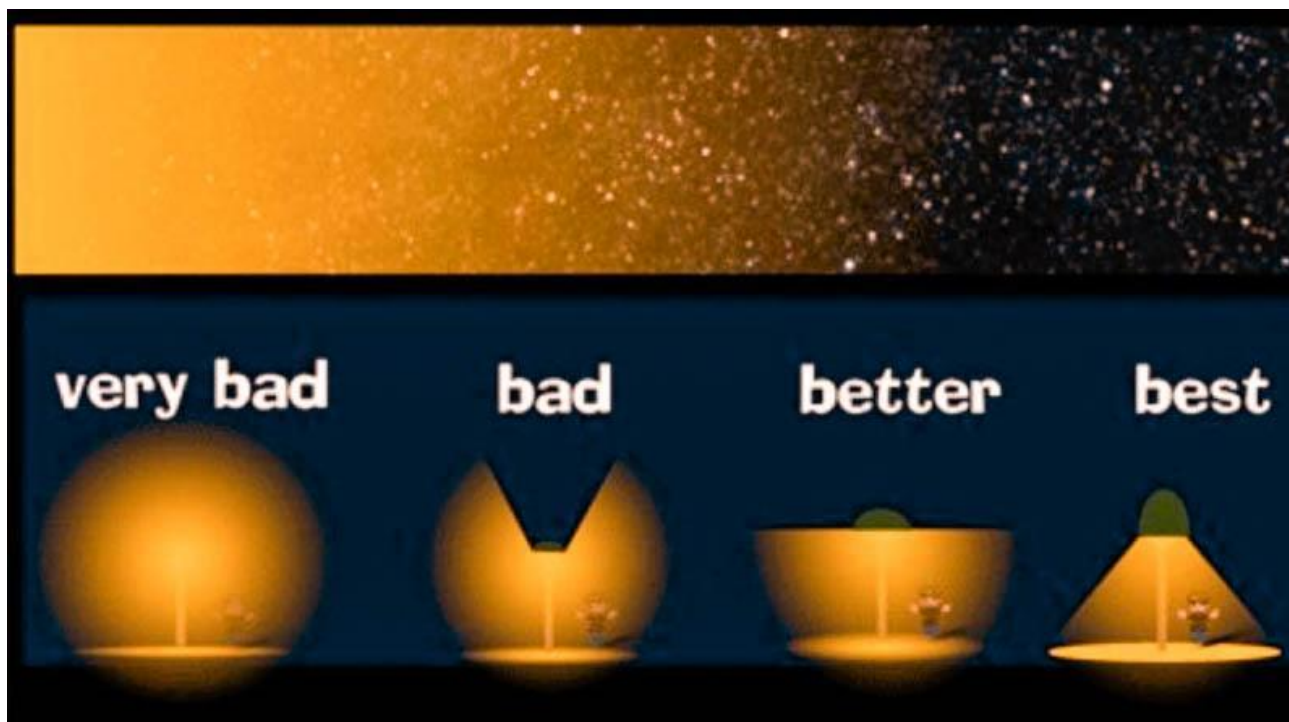
**Гонконг.** Для сравнения.



# Технические возможности

---

Единое планирование освещения с учетом отраженного света  
Контроль осветительных установок с ограничением излучения в верхнюю полусферу





# Технические возможности

## Спектральный диапазон

Type	Description	Sky Glow* (relative to LPS)	Sky Glow* (relative to HPS)
LPS**	Low-pressure sodium – a nearly monochromatic yellow-orange light source used mostly in areas near astronomical observatories and sea turtle nesting beaches.	1.0	0.4
HPS***	High-pressure sodium – A golden-yellow light source, widely used throughout the world.	2.4	1.0
FLED****	Filtered warm-white light-emitting diode – a straw-yellow LED lamp with a filter that removes most emission with wavelength shorter than 500 nanometers.	3.6	1.5
LED 2400K	Light-emitting diode with "correlated color temperature" (CCT) of 2400K – a "warm-white" LED. This type of LED has not seen wide use.	4.3	1.8
LED 4100K	Light-emitting diode with CCT of 4100K – a "cool-white" LED. This is a common LED type in recent LED area lighting installations.	6.4	2.7
LED 5100K	Light-emitting diode with CCT of 5100K – a "cool-white" LED. This also is a common LED type in recent LED area lighting installations.	7.9	3.3

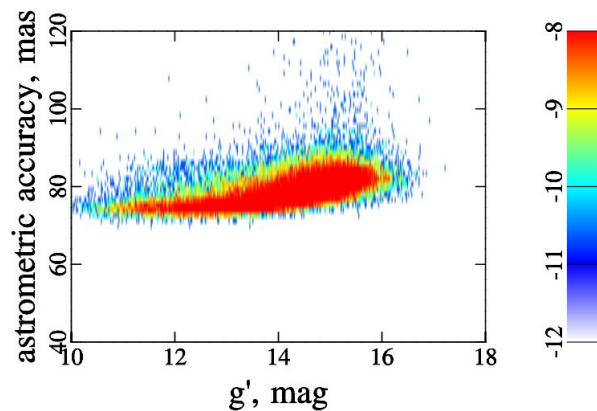
# Факторы влияния городской застройки на астрометрические наблюдения

---

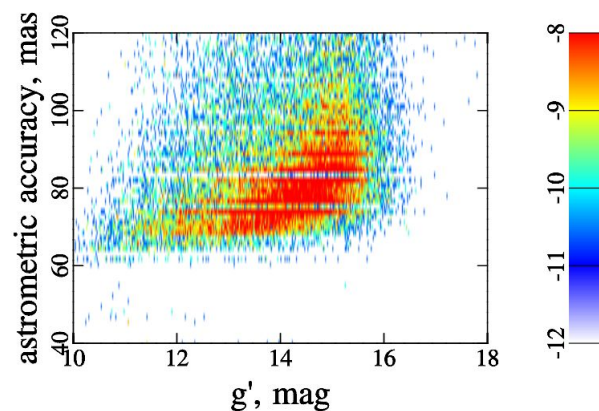
- Выделение тепла ->  
образование восходящих конвективных потоков воздуха **0.2 - 1.5 км**  
-> **дрожание изображения звезд, снижение точности**
- Загрязнение приземной пылью и аэрозольными частицами **0.2 - 0.8 км**  
-> снижение прозрачности, увеличение яркости неба  
-> **уменьшение проникающей силы телескопов**
- Искусственный свет(фонари, окна, реклама, фары машин).  
-> увеличение яркости неба  
-> **уменьшение проникающей силы телескопов**

# Астрометрия в Пулкове: засветка

## Влияние на точность позиционных наблюдений



Пулково, Норм. астрограф

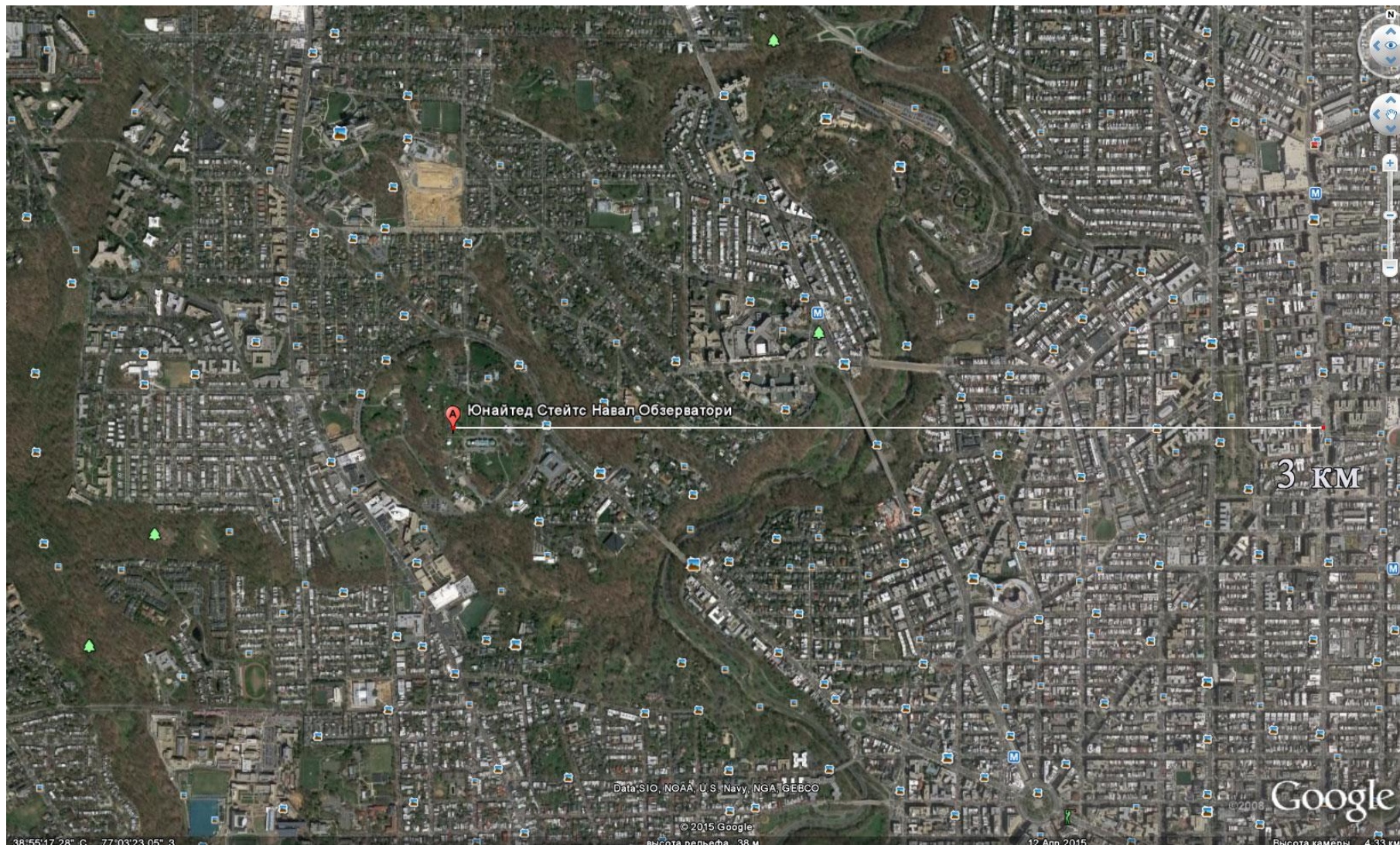


Морская обсерватория, США

Ошибки одного положения по наблюдениям выполненным в Пулковской обсерватории (слева) и в обсерватории USNO (справа) в последние годы (каталог UCAC).

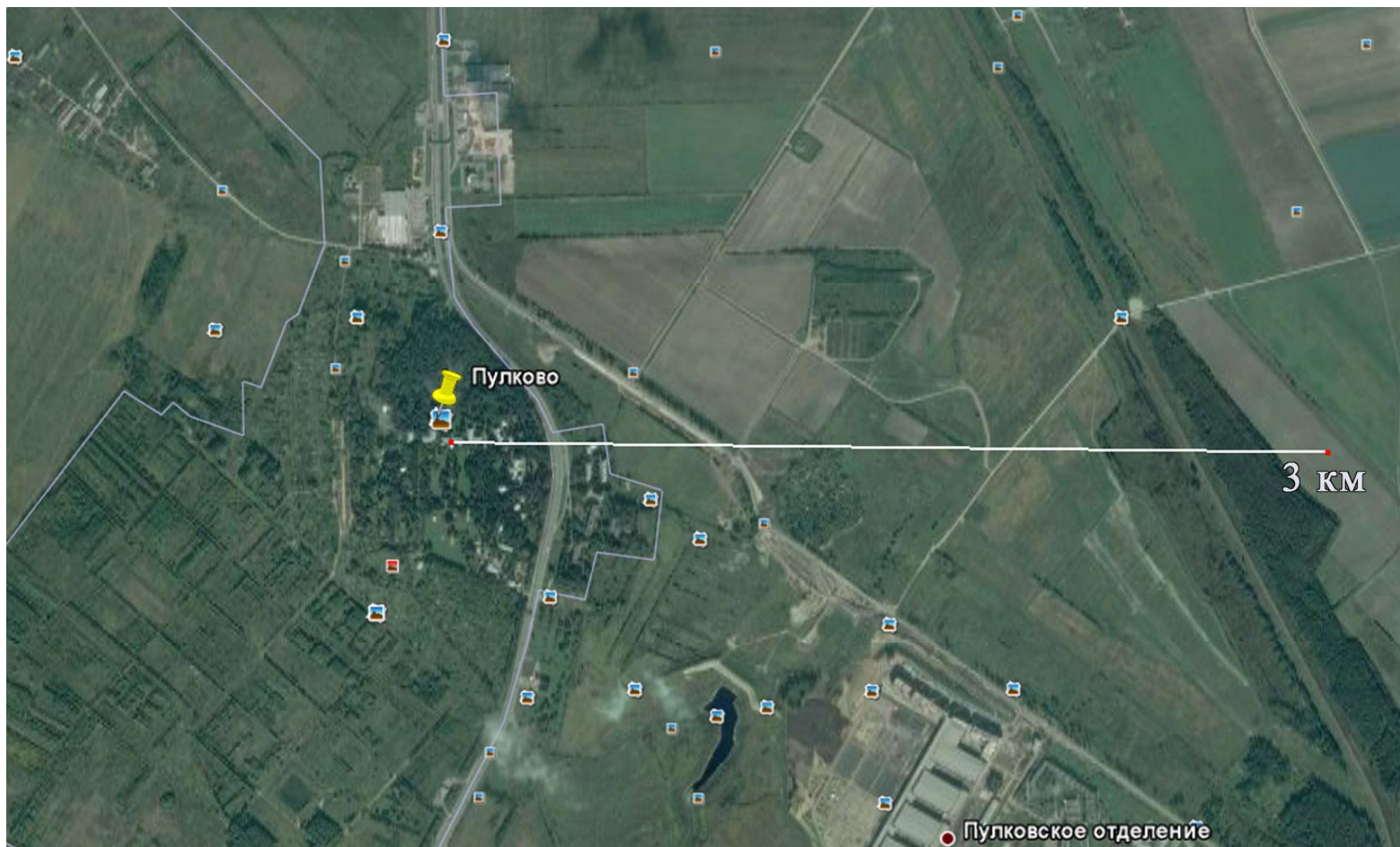
По горизонтали — звездная величина,  
по вертикали — точность координат звезд

# Морская обсерватория, США



# Пулково и охранный зона

---



# Пулково и охранный зона

---

Красное Село

аэропорт Пулково

Обсерватория

Экспофорум

Пушкин

Гатчина



# Запрет на крупное жилое строительство

АДМИНИСТРАЦИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА  
КОМИТЕТ ПО ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВУ И АРХИТЕКТУРЕ

П Р И К А З

от 22.12.96 № 833

Об утверждении границ  
землепользования

Во исполнение распоряжения мэра Санкт-Петербурга от 18.09.95 г. №1010-Р "Об оформлении правоустанавливающих документов на землю юридическим лицам, фактически использующим земельные участки, находящиеся в государственной собственности в Санкт-Петербурге и на подчиненных территориях":

2. Установить ограничения в использовании земельных участков № 1 и № 2:

- воспрещается промышленное и крупное жилищное строительство в защитной парковой зоне радиусом 3 км от центра Круглого Зала ГАО, определенной Распоряжением Совета Народных Комиссаров от 11.03.45 г. № 4003-р и решением Исполкома Ленсовета от 28.05.45 г. № 147-2-6.

Любое иное строительство в этой зоне допускается по согласованию с дирекцией ГАО;

- беспрепятственно допускаются соответствующие службы для эксплуатации и ремонта ЛЭП.

# Астрометрия в Пулкове: расчет яркости неба

---

Основная формула расчета паразитного свечения неба, как результата влияния населенных пунктов:

$$V = 29 + 0.02 * R + 2.5 * \log_{10}(R^2 / N)$$

V - вклад населенного пункта в паразитную засветку

R (км) – расстояние до населенного пункта

N (человек) – численность населения

“Атмосферная нестабильность и адаптивный телескоп”, Климик В.У. и др., Ленинград, Наука, 1988, С. 122.



# Вклад города в яркость неба над Пулково

Размер Санкт-Петербурга существенно больше минимального расстояния между Пулковской обсерваторией и ближайшими к ней жилыми массивами

-> требуется индивидуально учитывать влияние на засветку каждого района города.

Район	Население, тыс. чел	Расстояние от центра района до ГАО, км	Вклад в паразитную засветку
Адмиралтейский	155	18	22.66
Василеостровский	202	19	22.51
Выборгский	447	29	22.77

Всего районов в расчете – 19

Суммарное влияние:

$$V = \log_{2.5}(1 / \sum(1 / 2.5^{V_i}))$$

Где V – суммарная засветка, а  $V_i$  – слагаемые.

расчетное значение яркости неба –  $18.53^m$  на кв. угл. сек.



# Расчет влияние застройки в охранной зоне

Объект	Площадь, га	Население, тыс. чел	Расстояние, км	Вклад в паразитную засветку
Планетоград	240	100	0.5	15.00
Участок Amtel-Properties	30	12	2.5	20.84
Б/н, участок 2	156	65	2.5	19.01
Б/н, участок 4	60	25	1.5	18.91
ВТБ-Девелопмент	200	80	2	18.29
На Царскосельских холмах	316	150	2	17.6

Источники информации о строительстве:

<http://spb-projects.ru/forum/viewtopic.php?t=529>

<http://www.pulkovoland.ru/>

Суммарное влияние: **14.8<sup>m</sup>** на 1 кв. угл. сек.

+ вклад города -> **14.77<sup>m</sup>** на 1 кв. угл. сек

# Неучтенные факторы

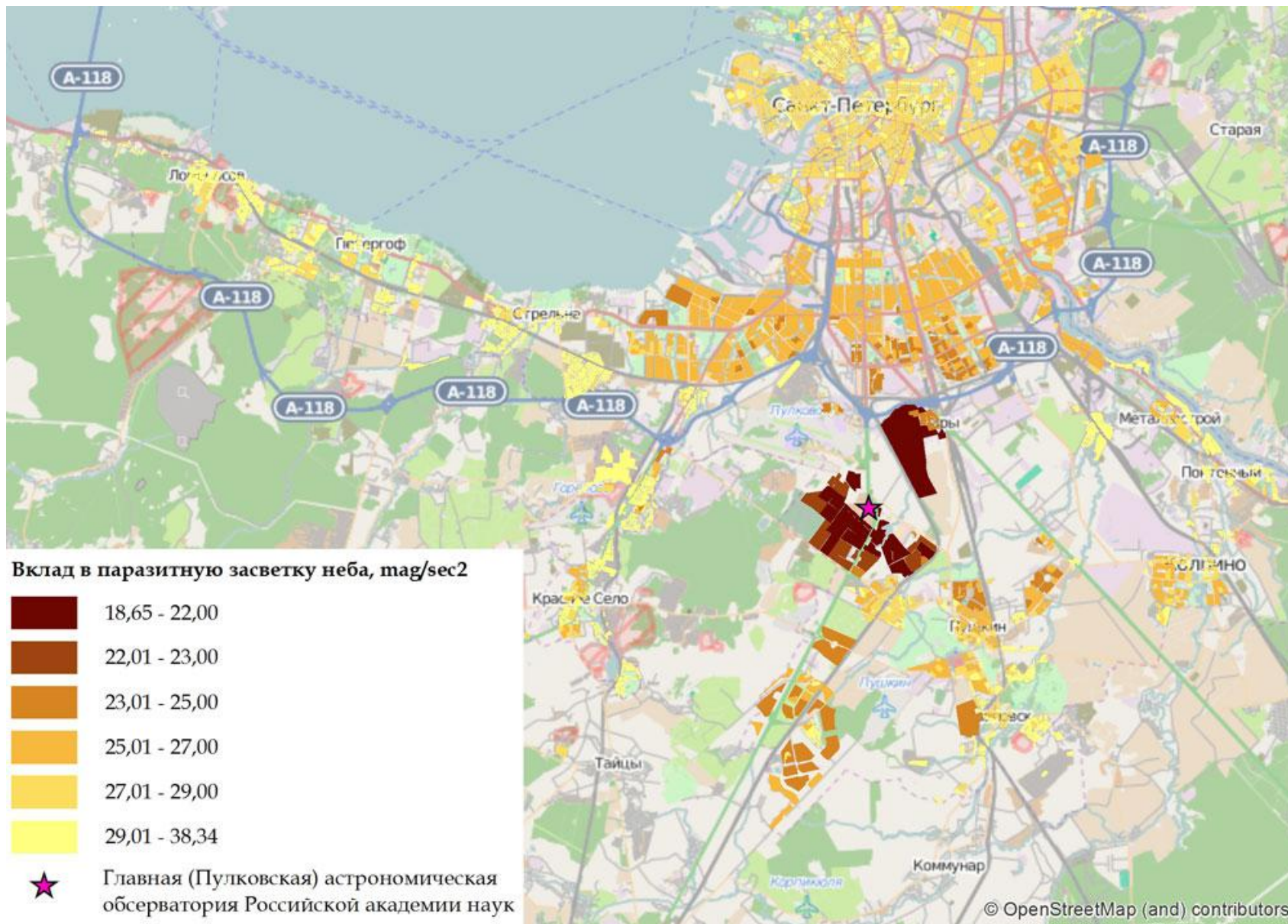
---

Данный расчет не учитывает следующие источники светового загрязнения:

- КВЦ «Экпофорум» в 2 км к востоку от ГАО (56 га)
- Торговые центры «БигБокс» и «Юлмарт» в 2.5 км к северу от ГАО
- Строительный гипермаркет «Метрика» у северной границы ГАО
- большое количество мелких и средних коммерческих объектов и автозаправочных станций
- Участки съездов (ярко освещенные дороги) с Пулковского и Волхонского шоссе на вышеперечисленные строящиеся и планируемые объекты
- Другие строящиеся объекты («Зеленый квартал» и др.)
- Световую рекламу, освещенные рекламные баннеры

Все они расположены на небольшом — менее 3 км расстоянии и их вклад в световое загрязнение будет большим.

# Расчет яркости неба



# Астрометрия в Пулкове: выводы

---

Вклад Санкт-Петербурга в световое загрязнение неба над ГАО пренебрежимо мал

Шесть из строящихся и планируемых жилых массивов уже повысят световое загрязнение неба над Пулковской обсерваторией примерно на **3.73** звездной величины, то есть в 27 раз.

Нельзя рассматривать вклад только одного объекта в световое загрязнение, необходим комплексный подход.

## Пессимистичный прогноз

- Уменьшится проникающая сила телескопов
- Научные программы сократятся вдвое (например, будет недоступен для наблюдений Гиперион, далекие спутники Юпитера, спутники Урана и другие объекты слабее 15 m)
- Существенно понизится точность позиционных и фотометрических наблюдений
- Уменьшится число опорных звезд

# Рекомендуем статью

---

**Борьба с нежелательным  
СВЕТОМ:**

**международная  
практика**

**К. ГАРДНЕР**

**Компания CSG Lighting  
Consultancy Ltd**

**и журнал**

**Lighting Journal,  
Великобритания**



**Карл Гарднер  
(Carl Gardner),**  
*M.Sc. (архитектура).*  
Директор компании  
*CSG Lighting  
Consultancy Ltd.,*  
специализирующейся  
в области  
проектирования  
внутреннего,

*наружного и городского освещения. Главный редактор выходящего раз в два месяца в Великобритании журнала «Lighting Journal». Один из ведущих английских комментаторов и аналитиков в области освещения и его проектирования. Автор нескольких книг по проектированию освещения, в том числе архитектурного*