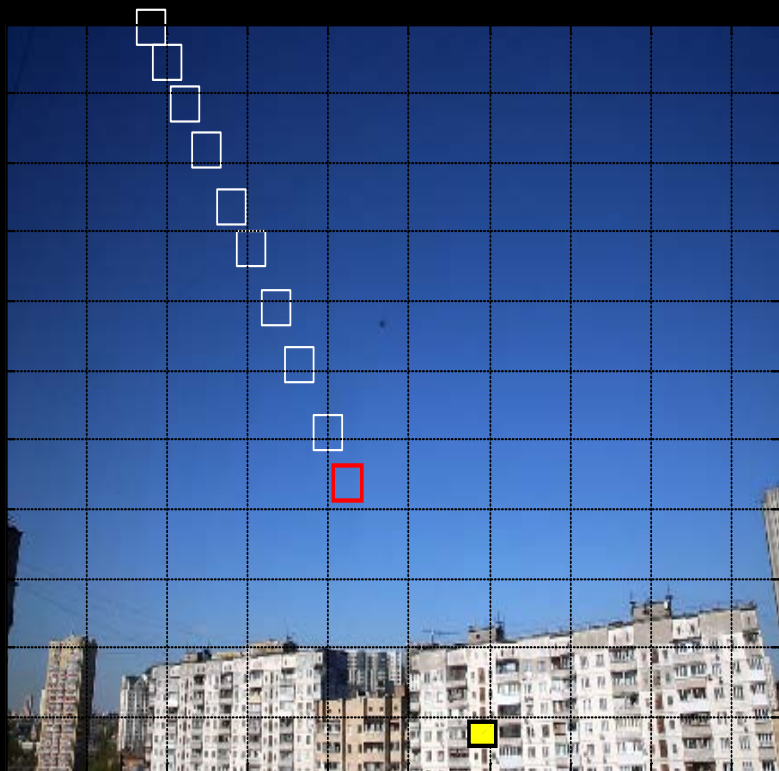


# Наблюдения вторжений

# *Введение*

- Результаты, которые мы хотим представить вам, оригинальны по ряду особенностей.
- Во-первых, наблюдений, на которых они базируются, вы не найдете ни в Интернете, ни в астрономических архивах и базах данных.
- Во-вторых, они базируются на астрономических наблюдениях на дневном небе.
- В-третьих, мы описываем процессы, протекающие на коротких временных интервалах, меньше одной секунды.
- Мы приводим примеры дневных наблюдений. Почему дневных? Потому что ночью такого не увидишь.

# Наблюдения дневных метеоров



- Многоцветная DSLR камера с полномасштабным сенсором позволяет вести съемку в поле зрения 90 градусов с частотой 30 кадров в секунду на протяжении часа времени.
- На снимке отмечен трек метеора. Начало трека – красный прямоугольник. Желтым маркером отмечено положение радианта Лирид на момент наблюдений 23 апреля 2018 г. около 10 часов утра. Длина трека соответствует трем десятым секунды времени.

Чтобы знать, что мы наблюдаем, надо калибровать камеру

# *Калибровка камеры*

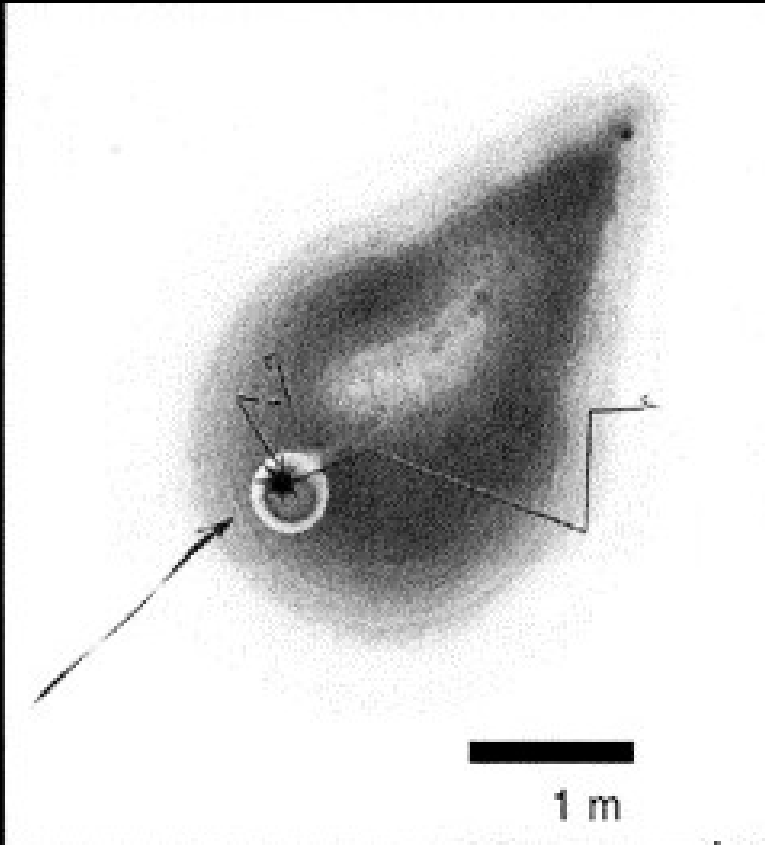
Калибровка камеры проводилась по белому экрану, освещенному Солнцем. Пиксель 8 битной камеры на длине волны 0.55 мкм получит освещенность, которая соответствует звездной величине  $V = - 8.70$ . Динамический диапазон камеры равен 48.1 децибел, или 6 звездным величинам. Самый темный объект на снимке будет соответствовать звездной величине  $V = - 2.70$ .

Если использовать технологию HDR (High Dynamic Range) с комбинированием изображений, снятых с разной экспозицией, то для 12 битной телекамеры динамический диапазон можно расширить до 12 звездных величин, что соответствует нижней границе  $V = +3.3$  звездных величин.

Таким образом, цветные RGB камеры и использование современных цифровых технологий позволяет наблюдать на дневном небе Солнце и звезды одновременно.

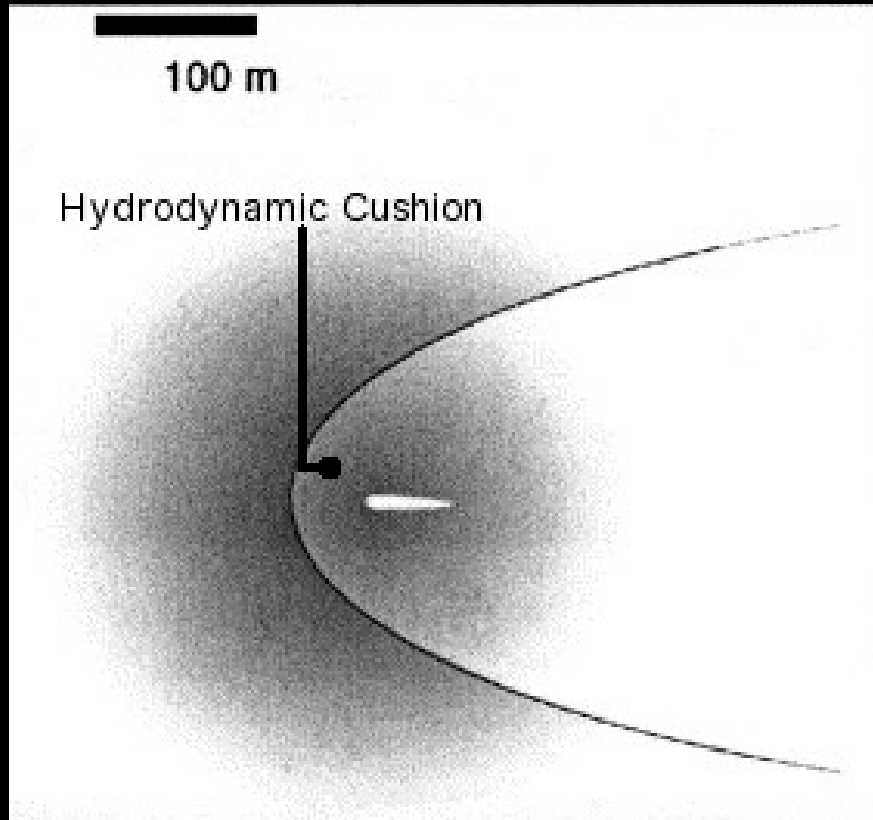
***Разберемся сначала: «Что такое метеор?»***

# Взаимодействие метеора с атмосферой



- Визуальные метеоры подвержены ряду различных тепловых воздействий, когда они проникают в атмосферу.
- Метеор начинает взаимодействовать с атмосферой на высоте 80-90 км. Предварительный нагрев доводит температуру поверхности метеора до  $\sim 900$  К. Поверхность метеора начинает плавиться.
- При температуре  $\sim 2500$  К начинается абляция, которая окружает поверхность метеора защитным слоем, который начинает испускать фотоны. Метеор входит в стадию «огненного шара» ("файербола") [2].

# Взаимодействие метеора с атмосферой



- Когда огненный шар проходит через атмосферу, горячий пар от абляции сжимается из-за столкновений с атомами и молекулами атмосферы. Это создает воздушную шапку или газодинамическую подушку, которая защищает метеор от прямых столкновений, что видно на рисунке.
- Этот барьер создает два макросостояния перед метеором: один при температуре 3500-5000 К, который мы будем называть основным спектром, и один при 10000 К, который мы будем называть вторым спектром [2].
- Характерные размеры подушки – сотни метров.



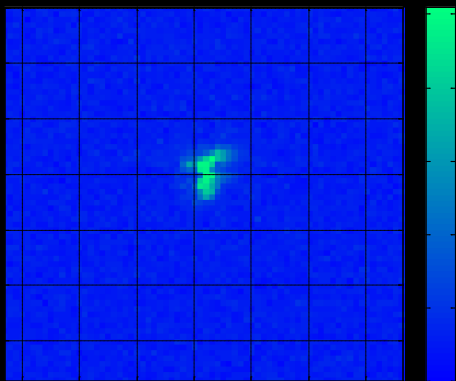
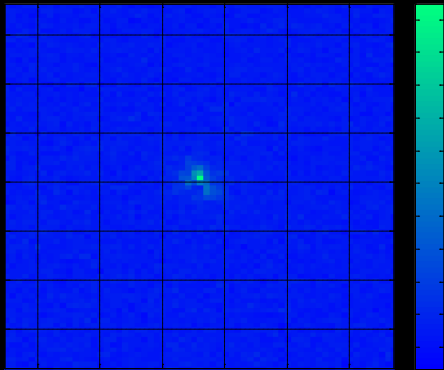
Наличие газодинамической подушки и двух макросостояний плазмы подтверждается наблюдениями (Леонид метеор 27 марта 2012 [3]). Низкотемпературная плазма оптически прозрачна (сквозь нее видны звезды), Высокотемпературная плазма оптически плотная и светит как нагретое абсолютно черное тело.

[3] [https://en.wikipedia.org/wiki/File:Leonid\\_Meteor.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Leonid_Meteor.jpg)



# Дневные наблюдения метеоров

# Звезды можно наблюдать днем

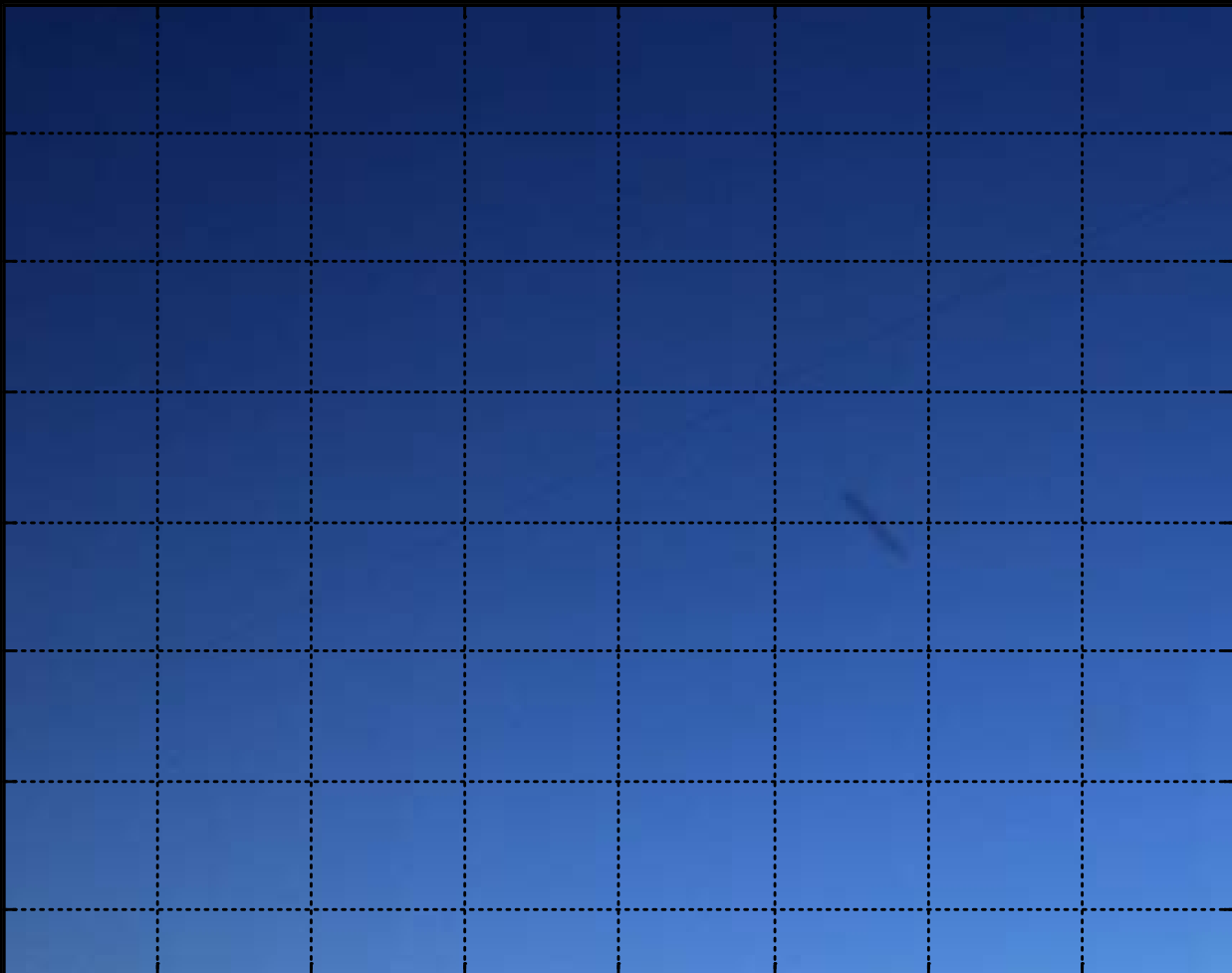


Звезды можно наблюдать на телескопе днем. Можно измерить яркость ясного дневного неба, она около 3-й звездной величины с квадратной угловой секунды в фильтре V.

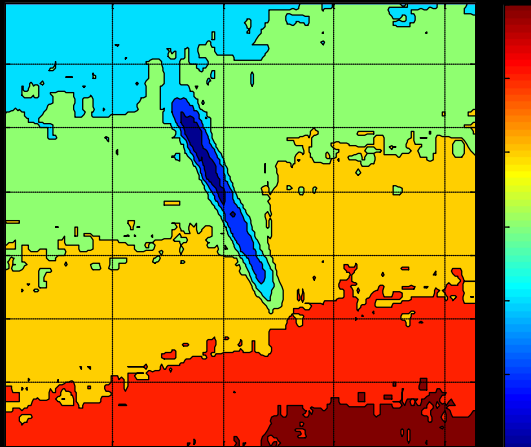
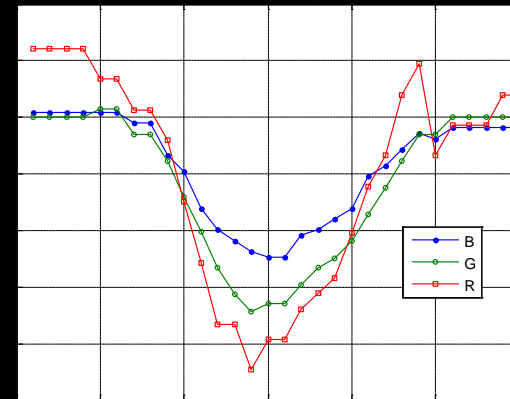
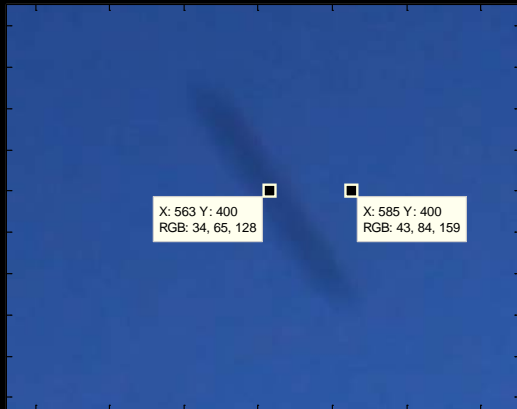
В городских условиях изображения звезд имеют размер 2 – 3 угловые секунды. Планеты и звезды ярче 3-й величины можно наблюдать на дневном небе.

На снимках Регул (Альфа Льва,  $V = + 1.35$ ) и Прочион (Альфа Малого Пса,  $V = + 0.37$ ).

*Так выглядит метеор на дневном небе*

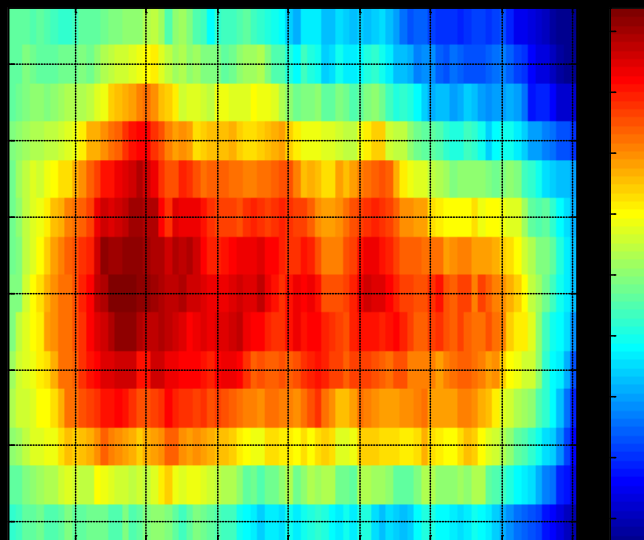
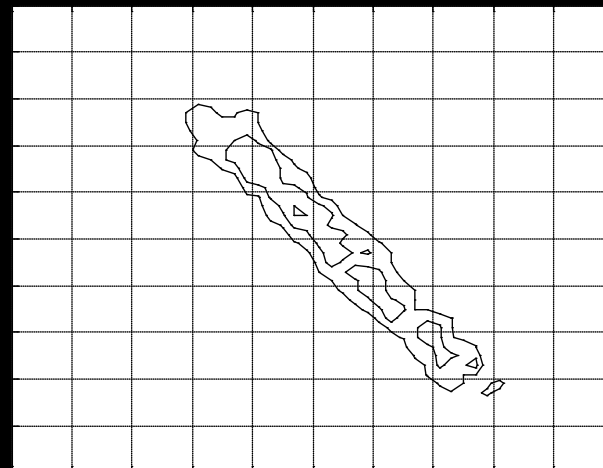
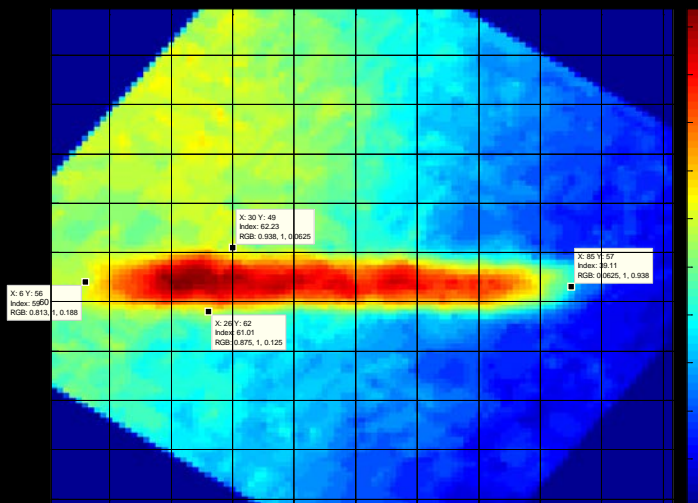


# Фотометрия метеоров



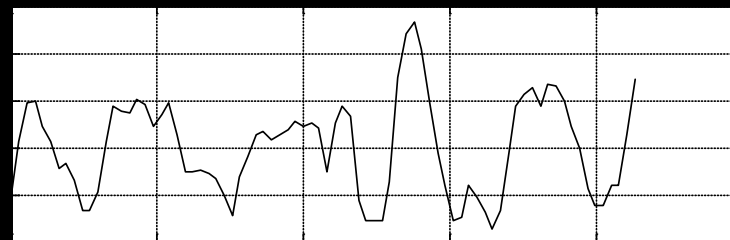
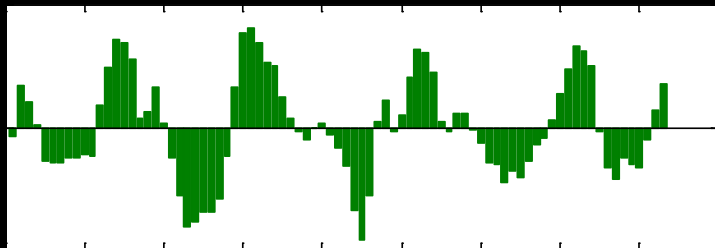
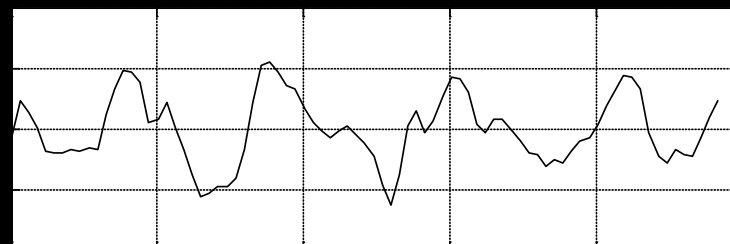
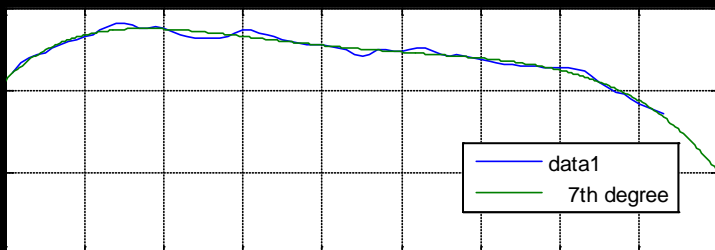
Измеряя яркость метеора и фона неба в 3-х лучах, можно оценить, что метеор примерно на 0.1 - 0.3 звездной величины слабее фона дневного неба. Из-за этого он выглядит темным. Видно, что цвета фона неба и метеора различны. Это открывает путь к колориметрии следов метеоров.

# Несколько новых слов о физике метеорных вторжений



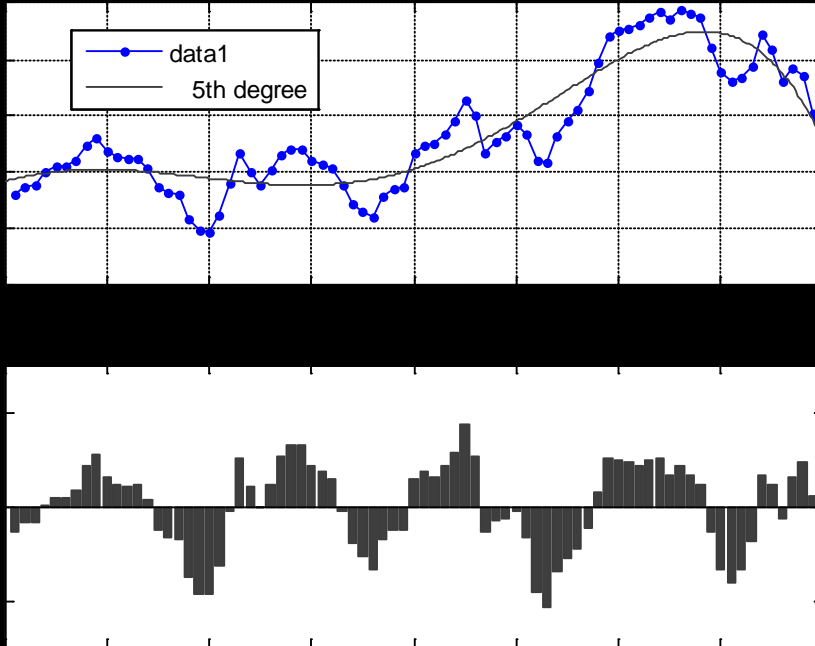
- «След» метеора («световая дорожка») содержит информацию о вариациях блеска и «болтанке» метеора на траектории пролета.

# Вариации блеска метеора



- Кривая блеска «следа» после устранения тренда содержит высокочастотную компоненту в сотни Герц. Частота колебаний в плазме газодинамической подушки метеора на траектории пролета сильно меняется. Мы полагаем, что это новое явление в физике метеоров, которое еще предстоит изучить..

# «Болтанка» (*wobbling*)



Центр тяжести изображения «следа» как и кривая блеска метеора демонстрирует высокочастотные колебания. Это явление называется «болтанкой». Если тело метеора не сферическое, появится компонента силы перпендикулярная направлению движения. Тело будет двигаться по спирали («штопор»).

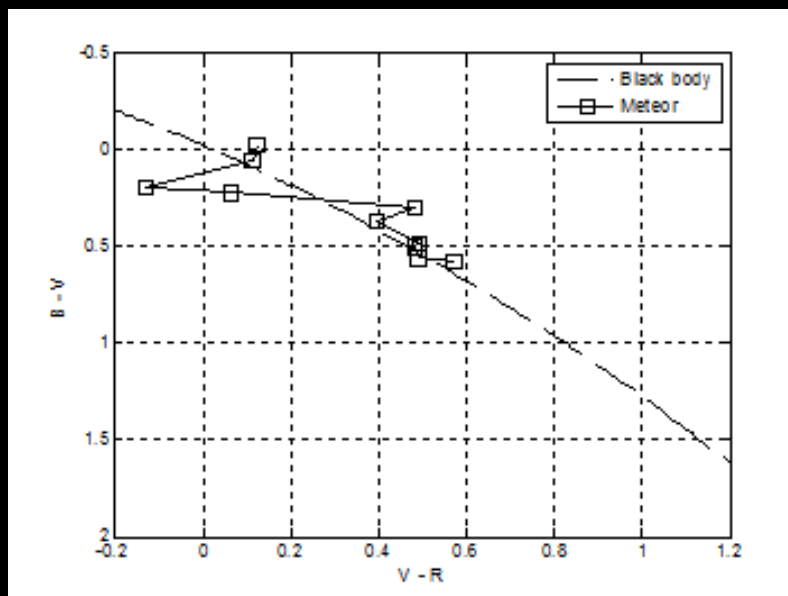
- FWHM (полуширина трека)  $\sim 10$  пикселей; ампл.  $\sim (8.2-7.6)=0.6$  пикс.
- Wobbling порядка 6% ширины трека метеора.



# *Колориметрия метеоров*

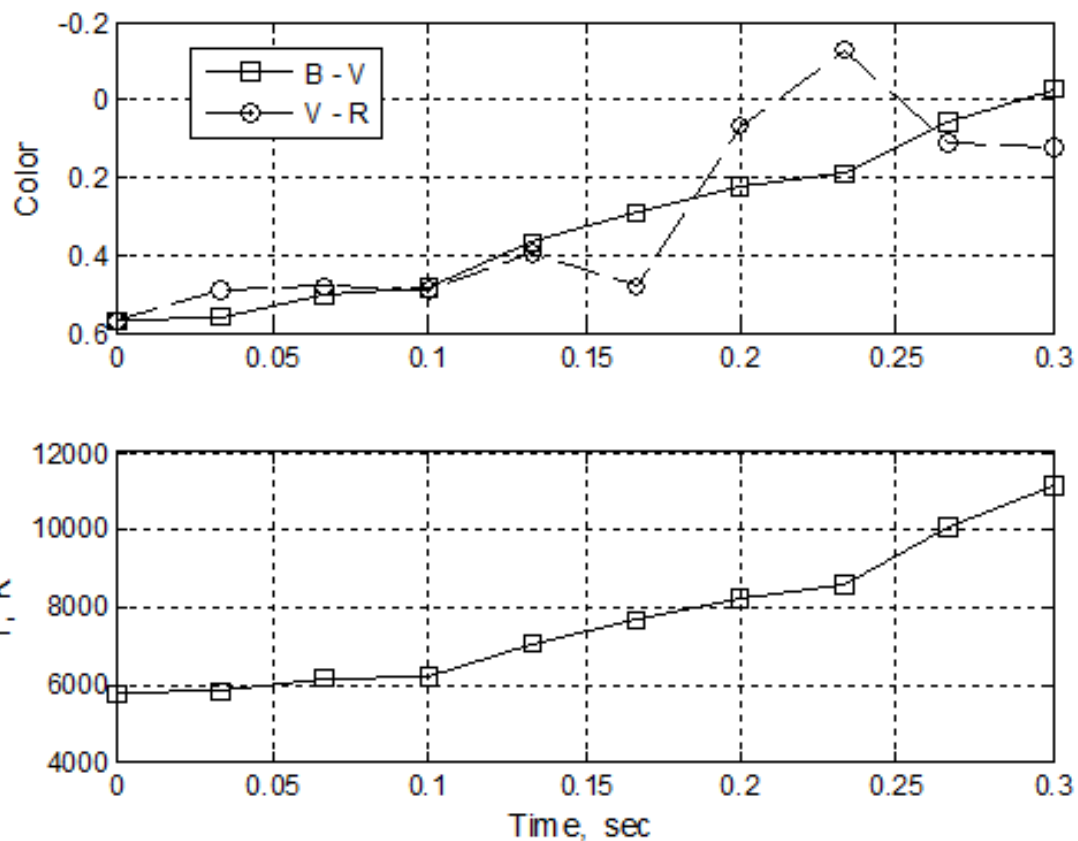
- Мы используем цифровую SLR камеру с полномасштабным КМОП сенсором. Цветовое пространство RGB легко трансформировать в астрономическую BVR цветовую систему Джонсона.
- Это позволяет в количественной форме выполнять колориметрию метеорного события, определять его цветовые характеристики, температуру плазмы метеорного следа.

# Колориметрия метеоров



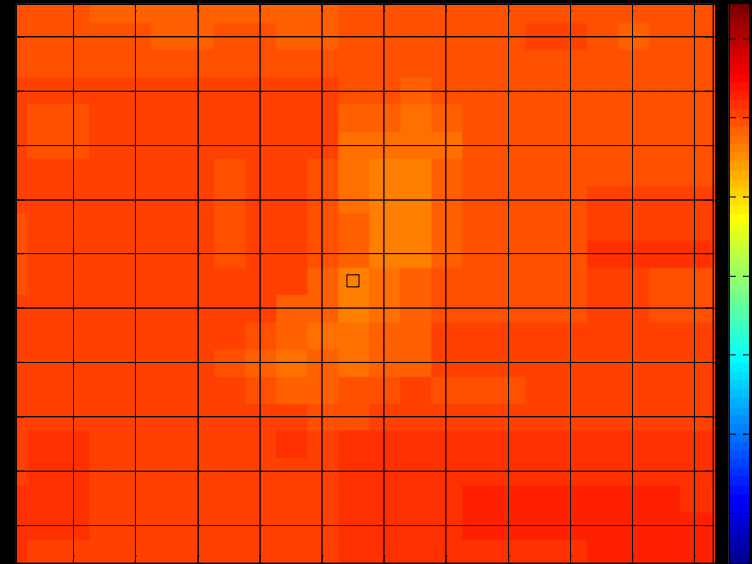
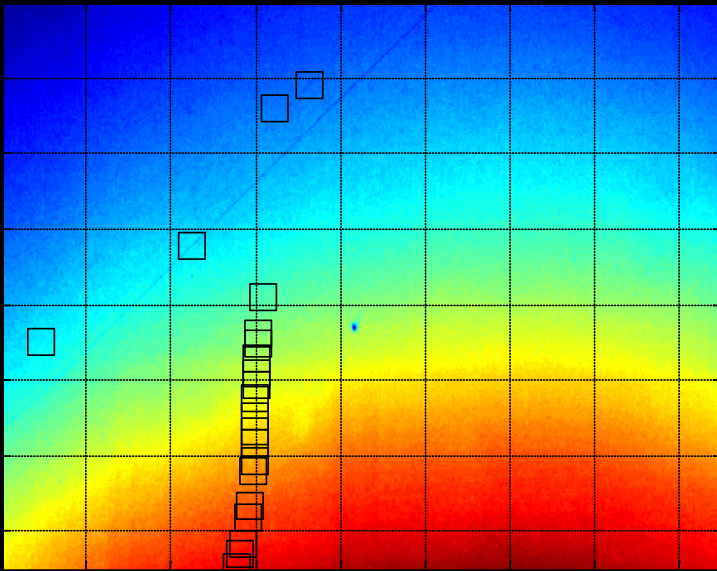
N.N. Chalenko Application of theoretical  
UBVRI color-color diagrams to colorimetric  
analysis of various astrophysical objects,  
Astronomy Reports, V 43, No 7, 1999, 459-461  
V. Straizys Multicolor stellar photometry,  
Moskalas Publishers, Vilnius, 1977, 312 p

- Метеор практически светит как черное тело, нагретое до определенной температуры. Колориметрия, использующая BVR цветовую систему позволяет оценить температуру метеорного тела и ее изменения на траектории пролета.
- Положение кривой чернотельного излучения на цветовой диаграмме  $(V - R) - (B - V)$  рассчитано в работе (Chalenko, 1999). Температурная зависимость чернотельного излучения от цветового индекса  $(B - V)$  приводится в работе (Straizys, 1977).



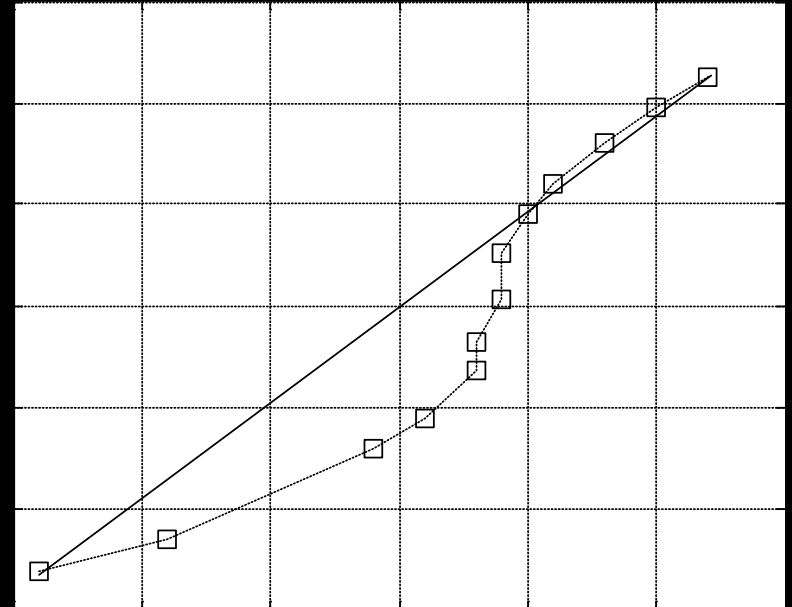
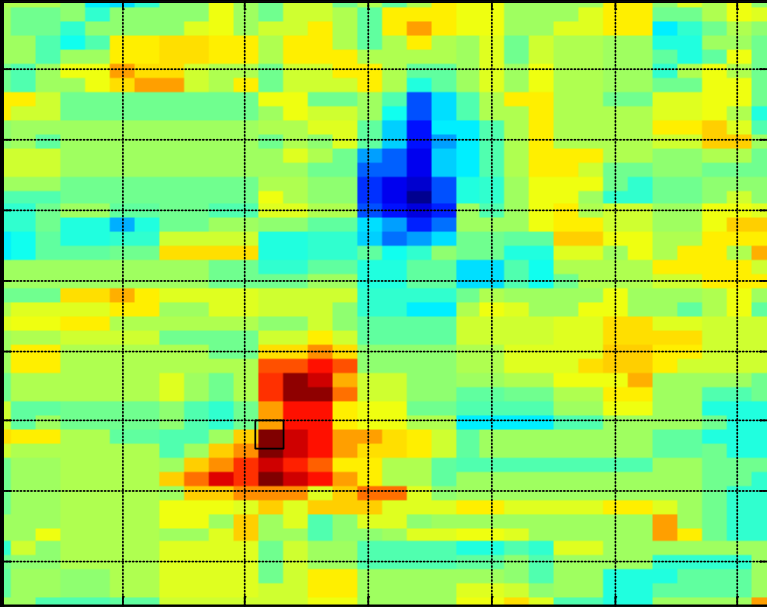
Из рисунка видно, что метеор существенно меняет свой цвет на траектории пролета. Это отражает факт разогрева метеорного тела. На протяжении времени пролета 0.3 сек температура метеора изменяется от 6 до 11 тысяч градусов.

## *Событие 2132*



Длина следа на снимке справа около двух сотых секунды времени. Метеор движется со скоростью 20.4 градуса/сек. Это не форма метеора, это игра движения.

# Событие 2132

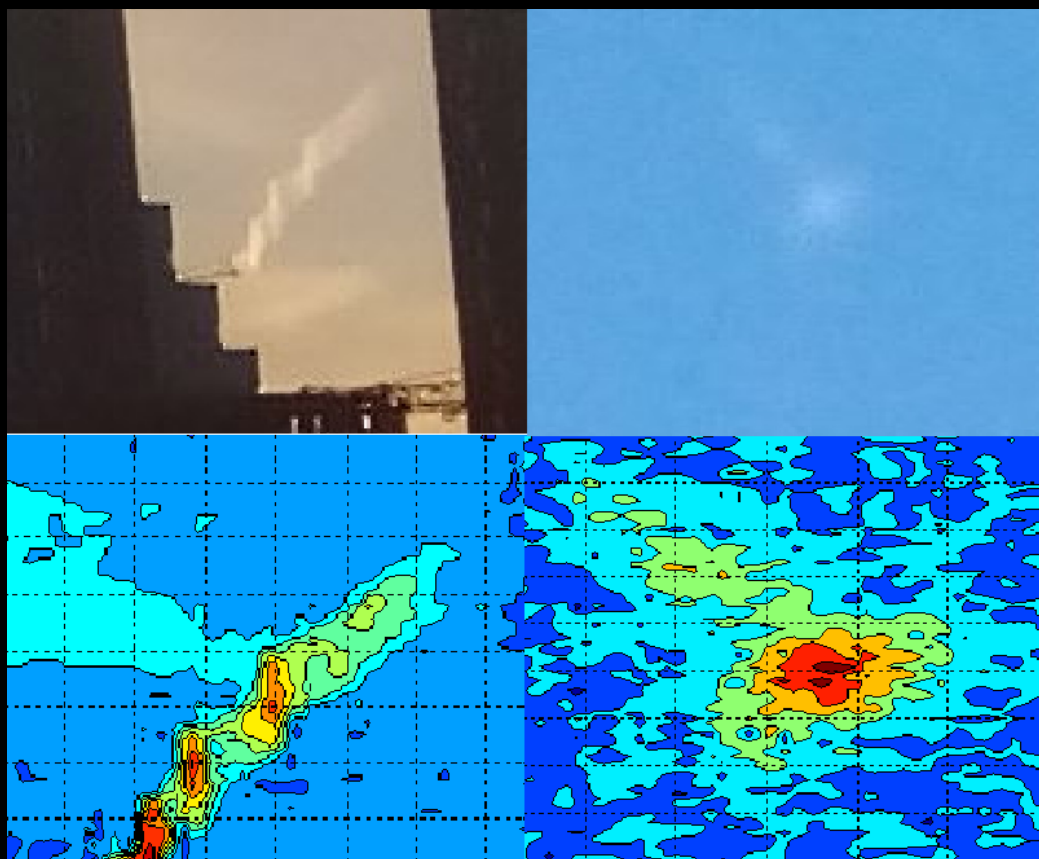


Уход на 5 пикселей, это  $\sim 15$  угловых минут (1 пиксель = 1.5 метра на 1 км). Если предположить, что метеор находится на высоте 10 км (это тропосферный метеор), то уход на 5 пикселей составит 75 м. Ширина следа около 3-х пикселей. Т.е. файербол имеет размер 45 метров.

# ВЫВОДЫ

- Было зарегистрировано несколько ярких метеорных событий с частотой около 4-х событий за получасовой период наблюдений. Из карты событий можно оценить: длительность трека метеора (доли секунды), скорость метеора вплоть до 67.5 градусов/сек.
- Ширина следа метеора может достигать до 27 угловых минут, что сравнимо с размером Луны.
- Из данных колориметрии видно, что метеор существенно меняет свой цвет на траектории пролета. Это отражает факт разогрева метеорного тела. Для одного из событий на протяжении времени пролета 0.3 сек температура метеора изменяется от 6 до 11 тысяч градусов.
- В кривых блеска «следов» метеоров наблюдаются высокочастотные колебания в сотни Герц, а также «болтанка» (wobbling) порядка 6% ширины трека метеора.
- Современные средства и методы наблюдений позволяют наблюдать на дневном небе метеоры до 3 звездной величины.

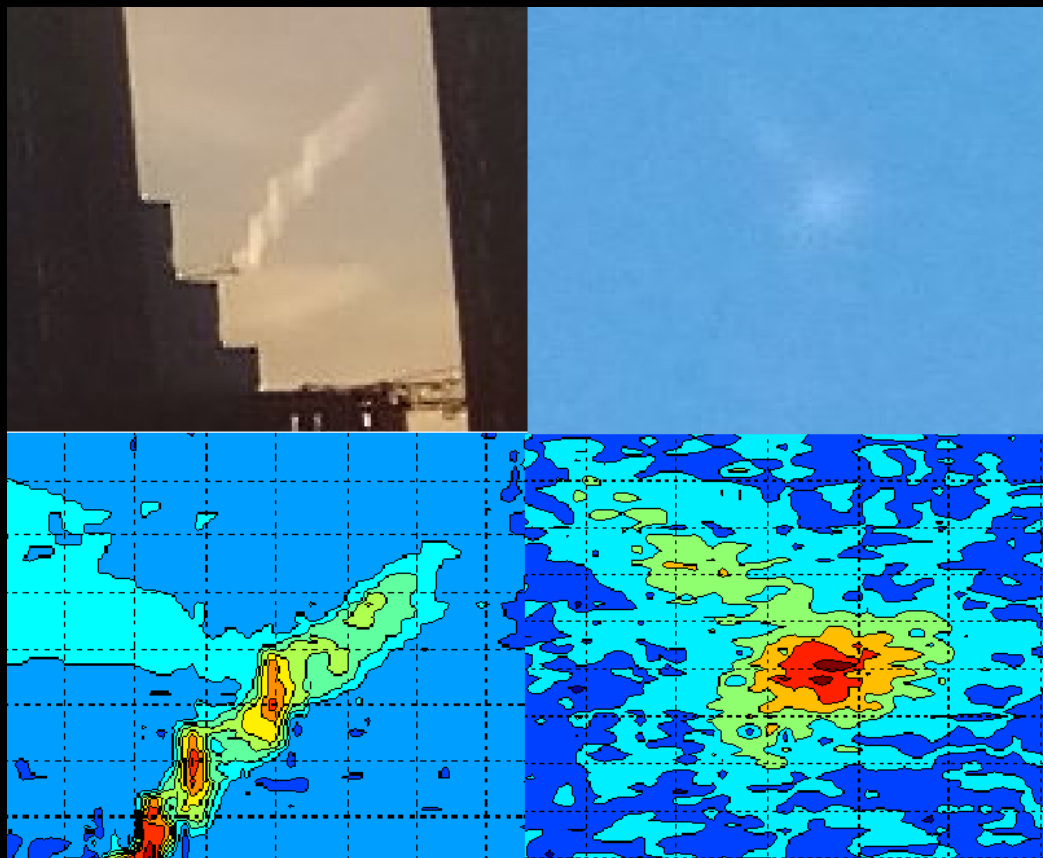
# Вторжения Чурюмова-Стеклова-Видьмаченко



Неожиданно появляются инверсионные следы странного вида.

- Скептики говорят: «метеорология».
- Это может быть космический мусор и тела неизвестной природы.
- Инверсионный след образуется при конденсации водяного пара на продуктах горения.

# Вторжения Чурюмова-Стеклова-Видьмаченко

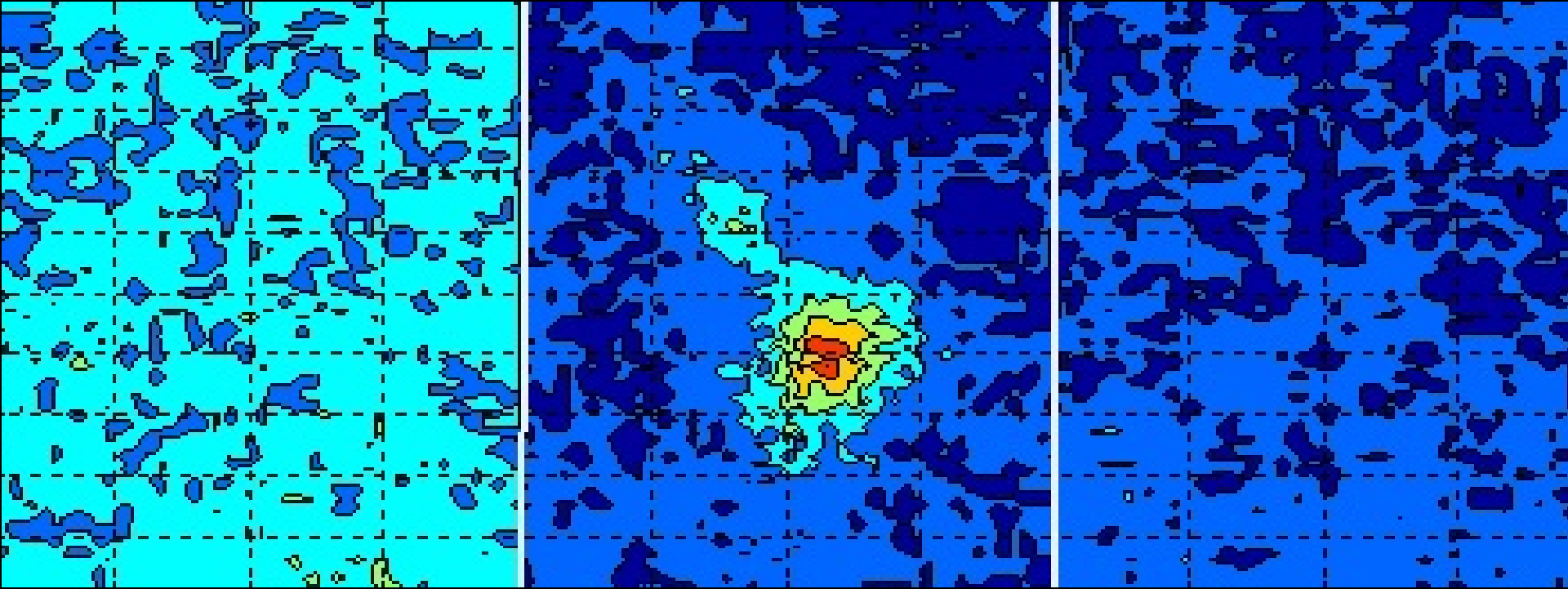


Неожиданно появляются инверсионные следы странного вида.

- Скептики говорят: «метеорология».
- Это может быть космический мусор и тела неизвестной природы.
- Инверсионный след образуется при конденсации водяного пара на продуктах горения.



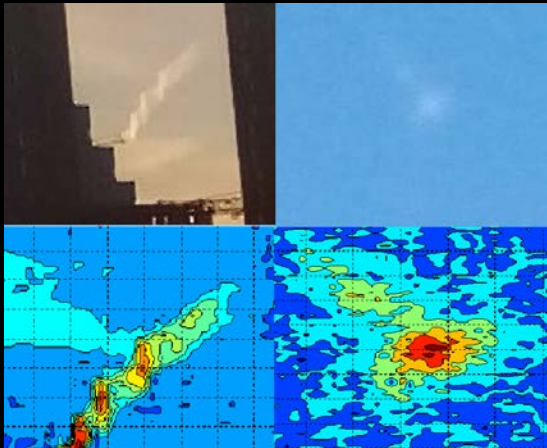
# Феномен Стеклова



- = Эти три снимка сделаны Алексеем Стекловым с интервалом несколько секунд
- = Событие на втором снимке появилось как легкое облачко и существовало не больше двух секунд

# Вторжения Чурюмова-Стеклова-Видьмаченко

Рассмотрены случаи космических вторжений в атмосферу Земли. Некоторые события демонстрирует сложную траекторию полета типа «штопора».



Рассмотрено влияние «болтанки» следов метеоров, которое возникает при течении газа вокруг вращающегося тела (эффект Магнуса).

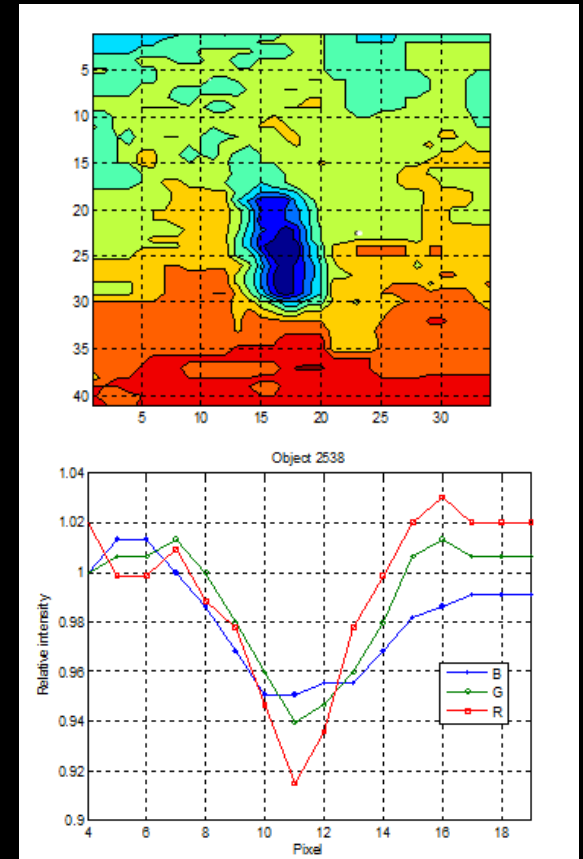
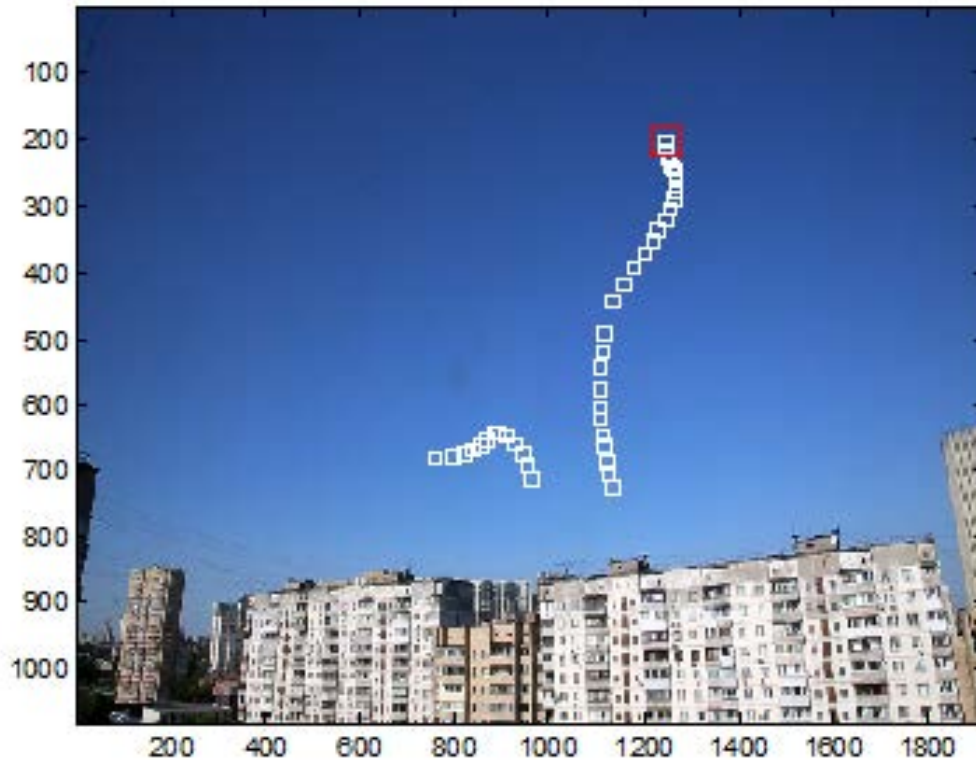
Показано, что метеорное тело можно рассматривать как воздушную турбину, которая преобразует энергию воздушного потока во вращательную энергию.

Скорость вращения метеор может достигать нескольких килогерц.

# ***Фантомы***

*Observations of weird flying objects*

## Киев, 24 августа 2018, 9 часов утра



- Объект размером около 45 м спускался из стратосферы до высоты около 7 км к аэропорту «Киев» (Жуляны) со скоростью около 30 км/сек. Затем примерно за 1 сек объект снизился с 7 до 1 км, не приближаясь к нам. После этого объект поднялся и удалился. Весь эпизод занял 2.2 секунды.

# Object 9252

100  
200  
300  
400  
500  
600  
700  
800  
900  
1000

200 400 600 800 1000 1200 1400 1600 1800

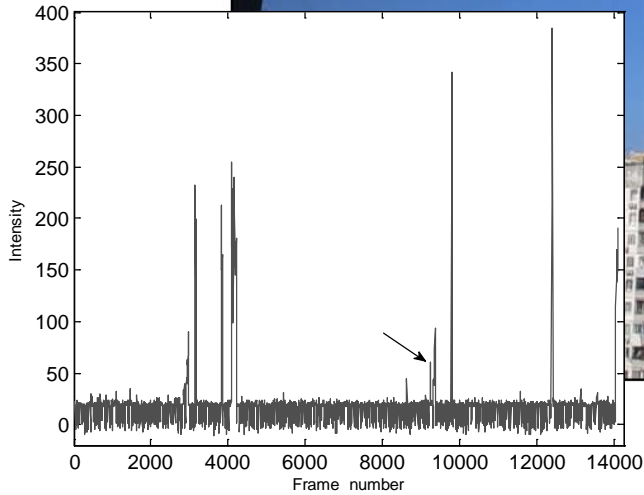




# Object 9252

Движущийся объект наблюдался на протяжении 0.17 секунд.

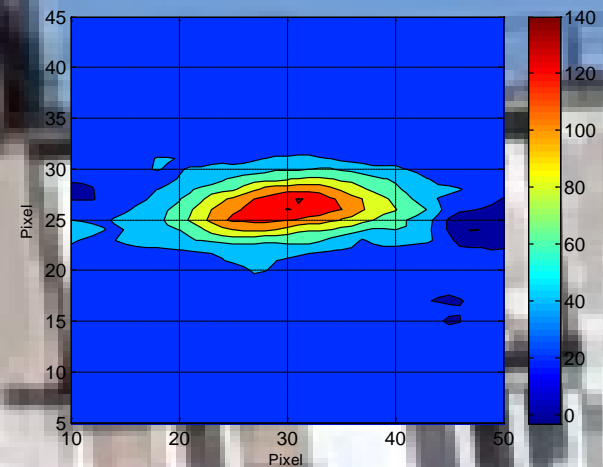
100  
200  
300  
400  
500  
600  
700



600 800 1000 1200 1400 1600 1800



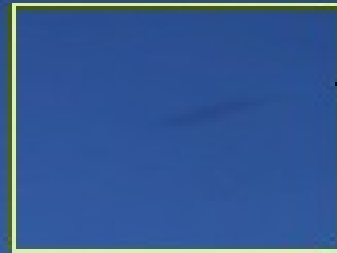
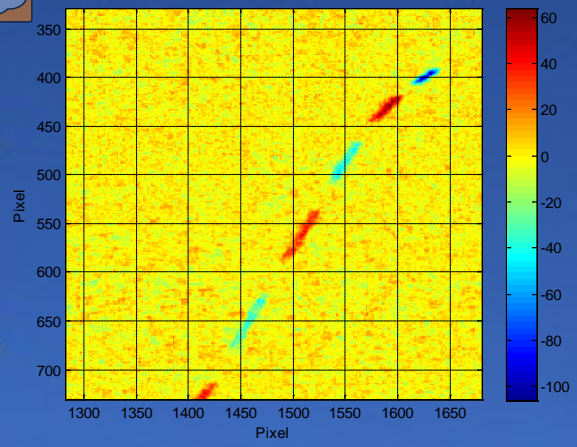
Если убрать смаз и выполнить  
деконволюцию по Винеру, увидим  
форму объекта







Object 9252

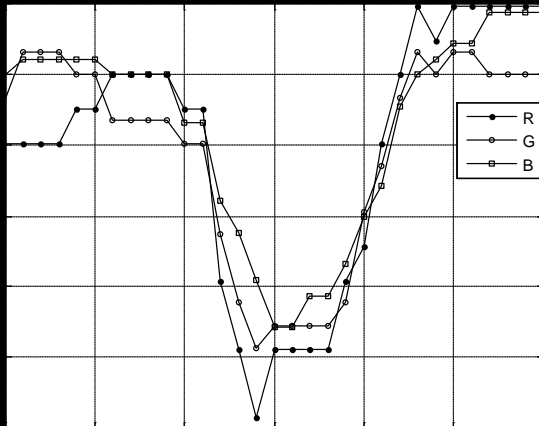
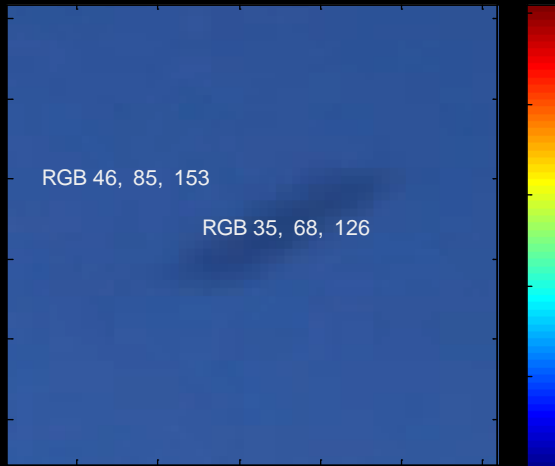




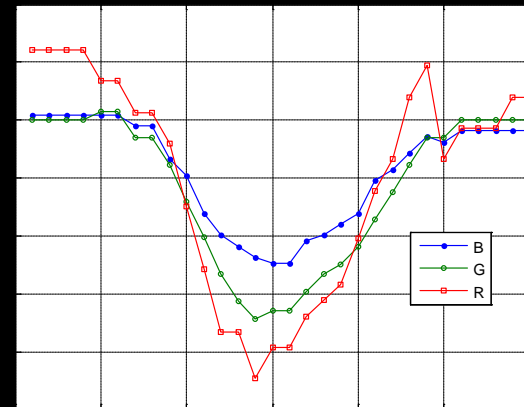


# Метеоры – цветные объекты Фантомы цвета не имеют

Фантом

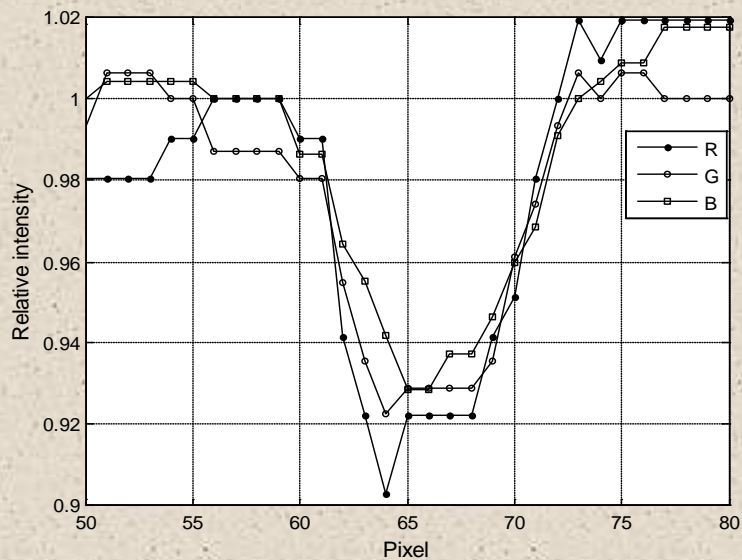


Метеор

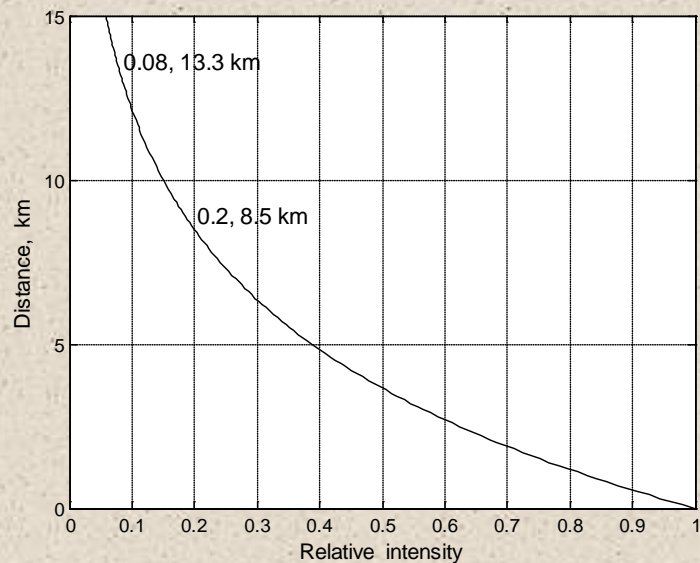


Background:  $G-R = 0.66 \pm 0.01$ ;  $B-G = 0.64 \pm 0.01$ ; % mag  
 Object :  $G-R = 0.66 \pm 0.08$ ;  $B-G = 0.69 \pm 0.02$ ; % mag  
**Колор-индексы фона и объекта совпадают в пределах ошибок.**

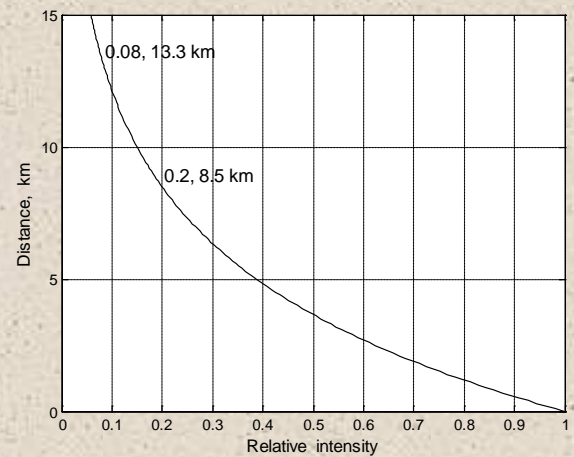
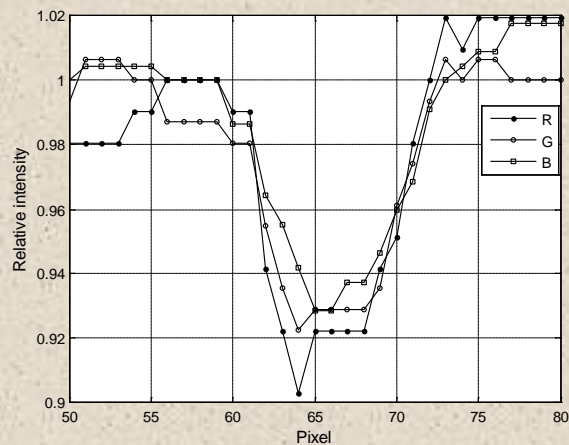
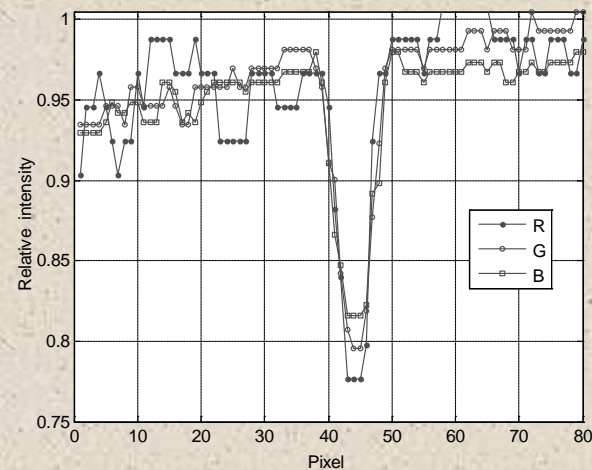
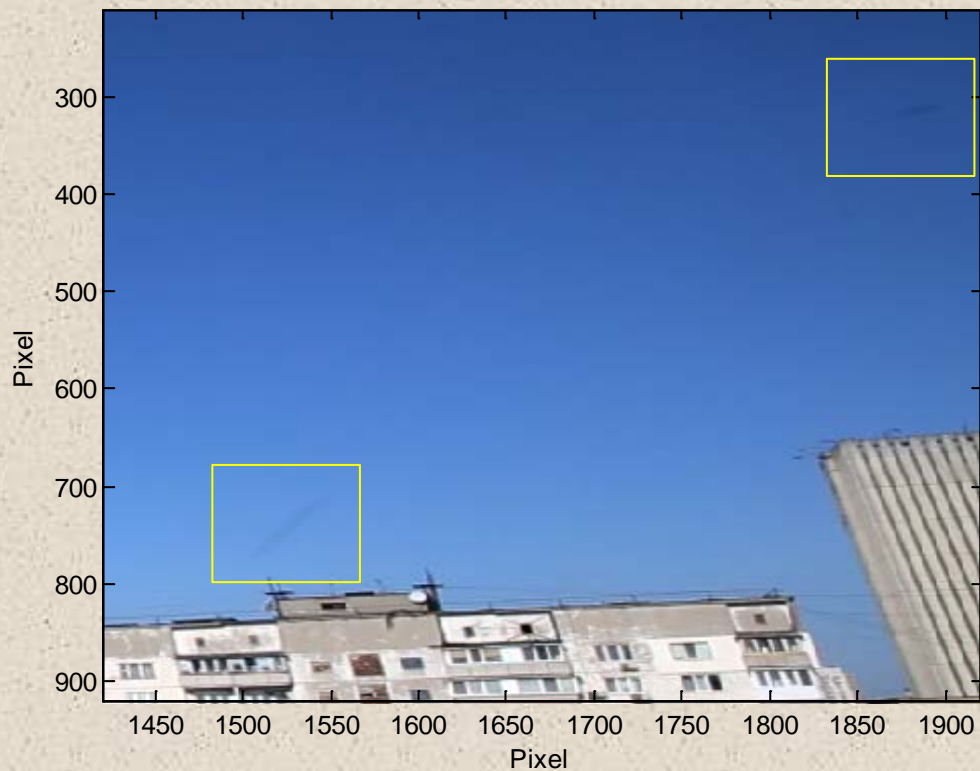
- Особенность объекта:
- Цвета объекта и фона совпадают. Но Объект имеет меньшую яркость, которая меняется в зависимости от расстояния до объекта.
- Объект не отражает солнечный свет и не излучает. В некотором смысле он является «невидимкой».
- Он становится видимым благодаря тому, что экранирует рассеянный свет неба, находящегося за ним.



- Свечение дневного неба определяется релеевским рассеянием солнечного излучения.
- Если объект черное тело, то величина контраста относительно фона неба прямо связана с расстоянием до объекта.
- Колориметрия позволяет рассчитать расстояние до объекта в земной атмосфере, если известно его альbedo.
- Зная расстояние, угловые размеры и метки времени, можно определить размеры, высоту и скорость движения объекта.



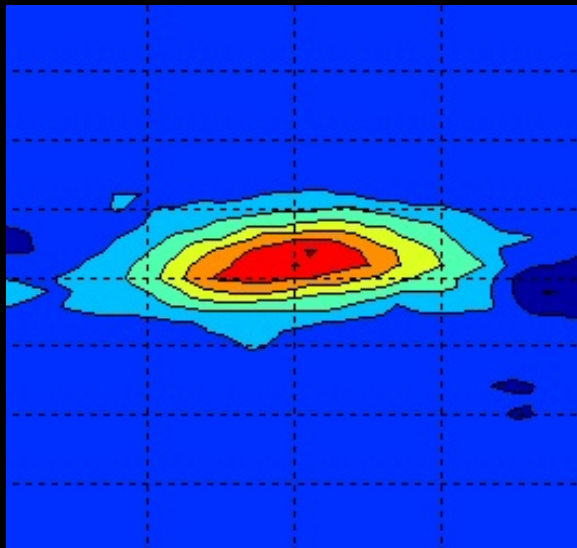
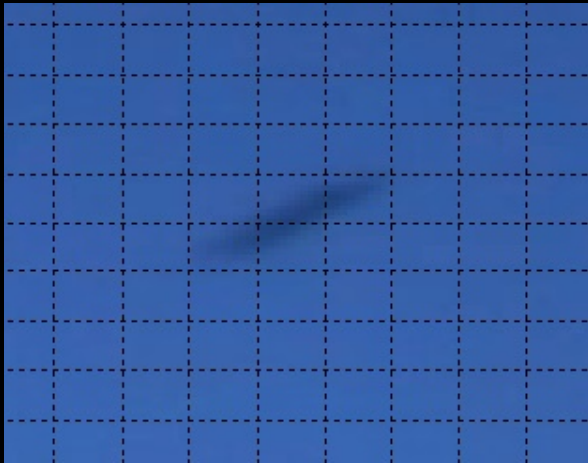
Object 9252



Величина остаточной интенсивности RGB цветов позволяет оценить расстояние до объекта в 13.3 км в начале и 8.5 км в конце.

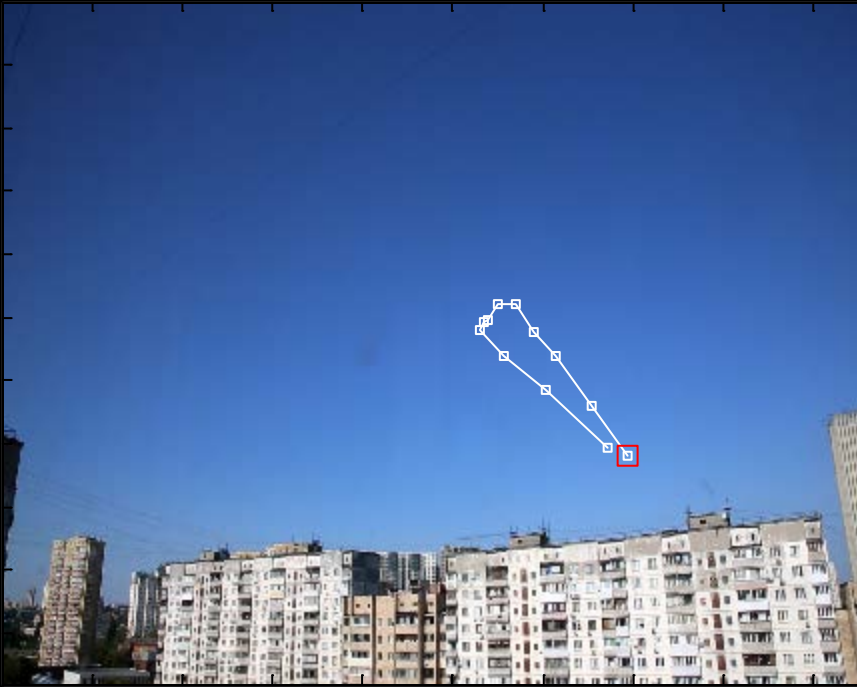


## Объект 9252. Резюме



- Движущийся объект наблюдался на протяжении 0.17 секунд.
- В начале наблюдаемой траектории объект находился на расстоянии  $13.3 \pm 2$  км, на высоте 2.6 км.
- В конце наблюдаемой траектории объект находился на расстоянии  $8.5 \pm 1.2$  км, на высоте около 4.2 км и имел угловые размеры сравнимые с Луной.
- Объект двигался со скоростью 32 км/сек.
- Размер объекта оценен около 94 метров.

## Объект 610

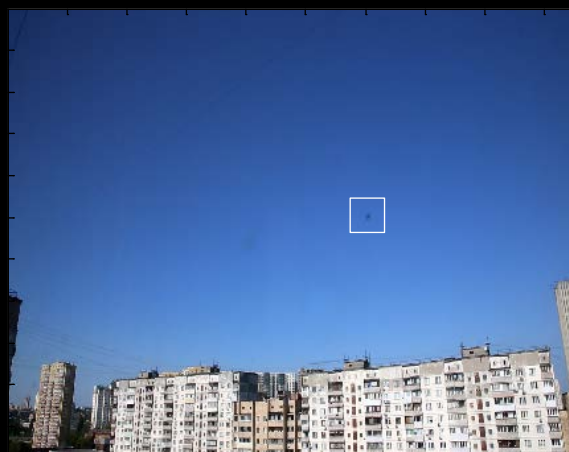


- Объект появляется внезапно на расстоянии 11 км и высоте около 2 км
- Приблизился на расстоянии около 5 км
- Развернулся и удалился
- Двигался со скоростью около 10 км/сек

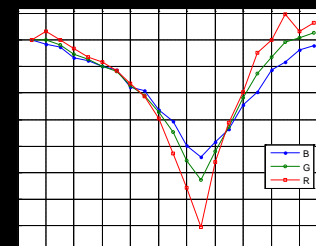
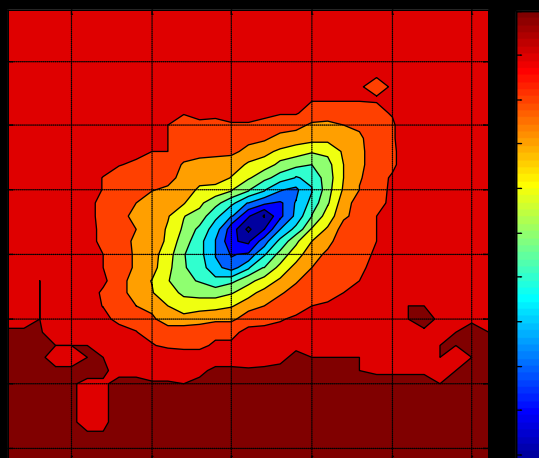
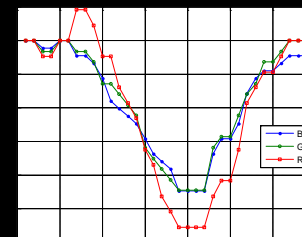
- Объект на расстоянии около 11 км выглядит слабым пятном на фоне дневного неба
- Колориметрия следов объекта позволяет определить его основные характеристики: дальность, высоту, размеры, скорость движения





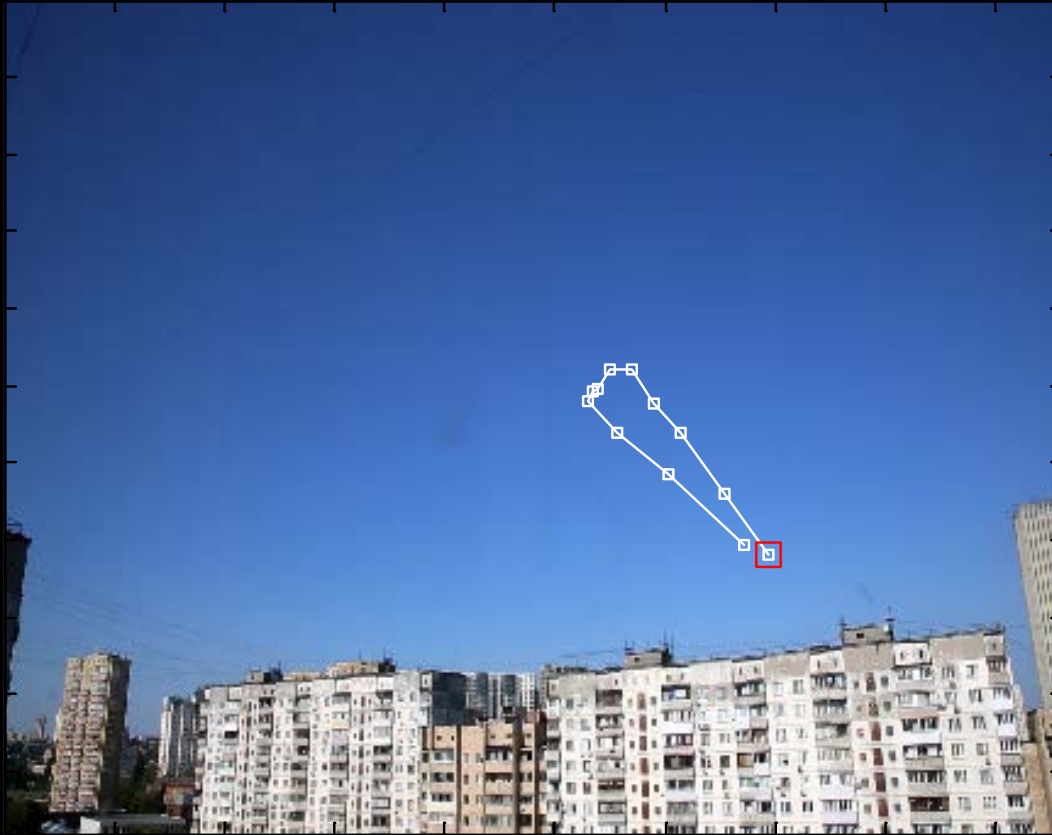


№ 610

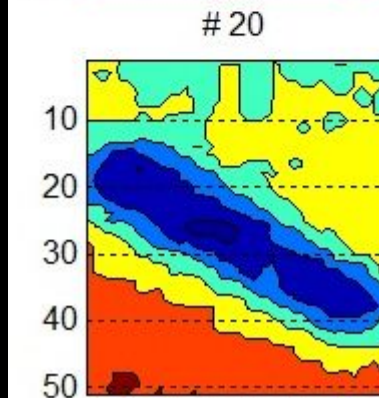
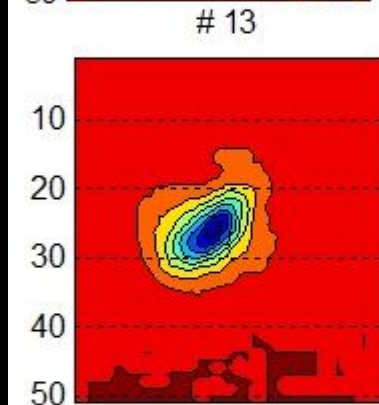
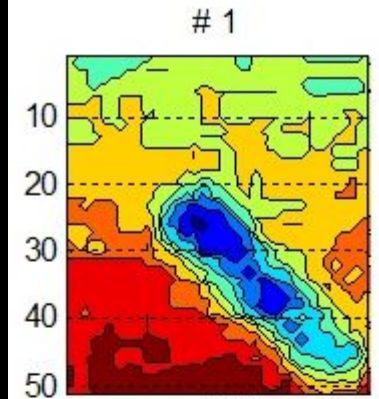


- **Время существования - 0.72 сек, №596 – 11 км, №610 – 5 км, Отчетливо виден на втором и третьем снимках, Размер  $79 \pm 5$  м**
- **Высоты: в начале 2.4 км, в конце 1.9 км**

# Объект 610



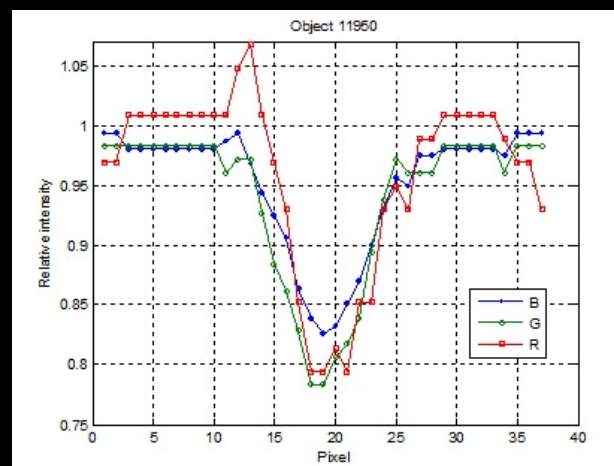
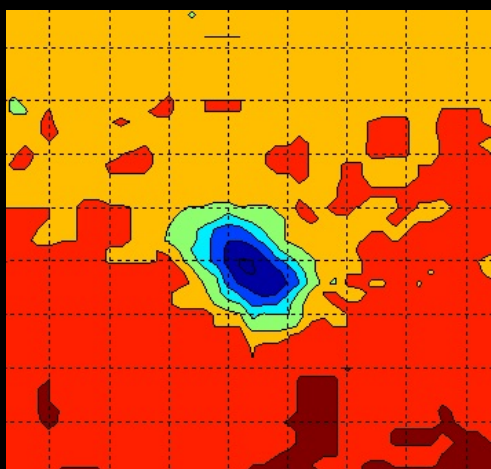
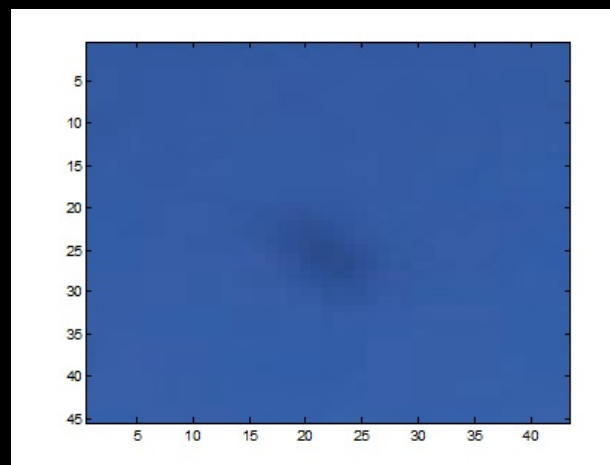
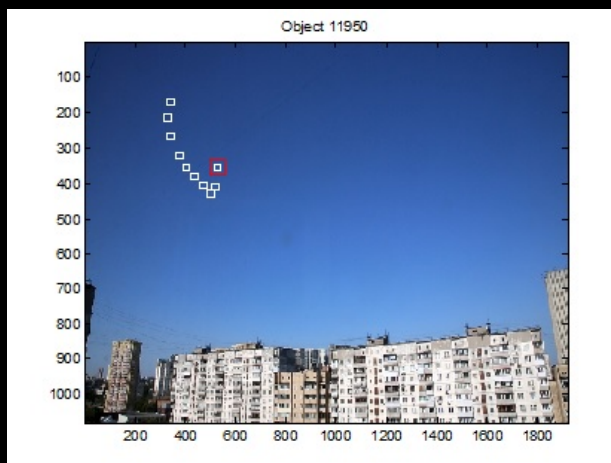
- Скорость объекта пропорциональна длине следа
- Скорость объекта при удалении около 12 км/сек



# Объект 11950

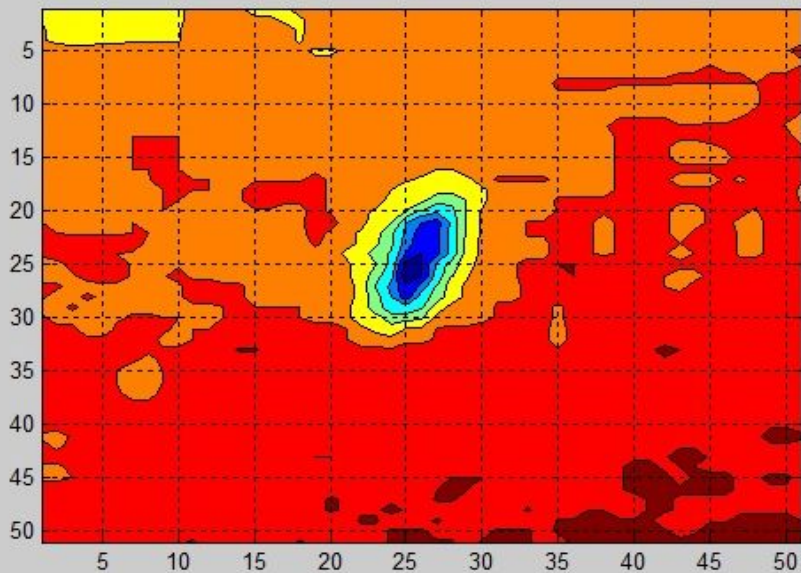
Дальность 10 км, Высота 4.5 км, Размер 79 м

Время существования 0.6 сек

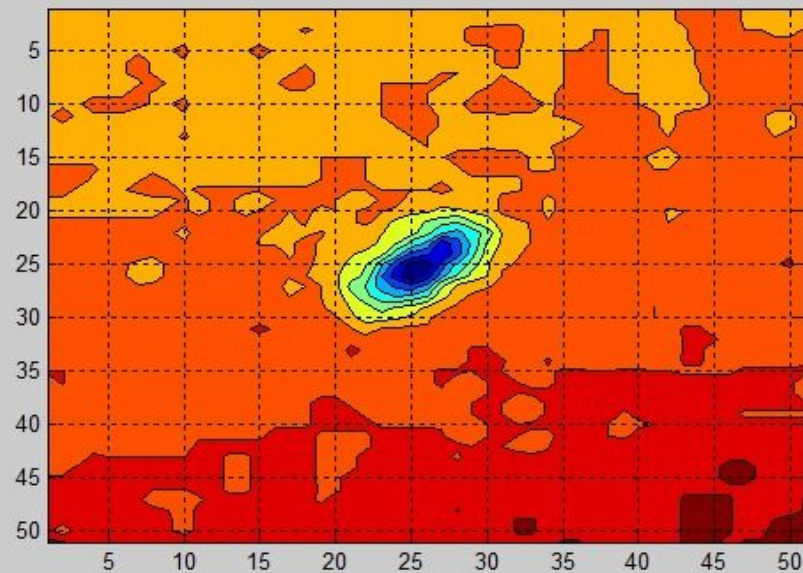




# 8

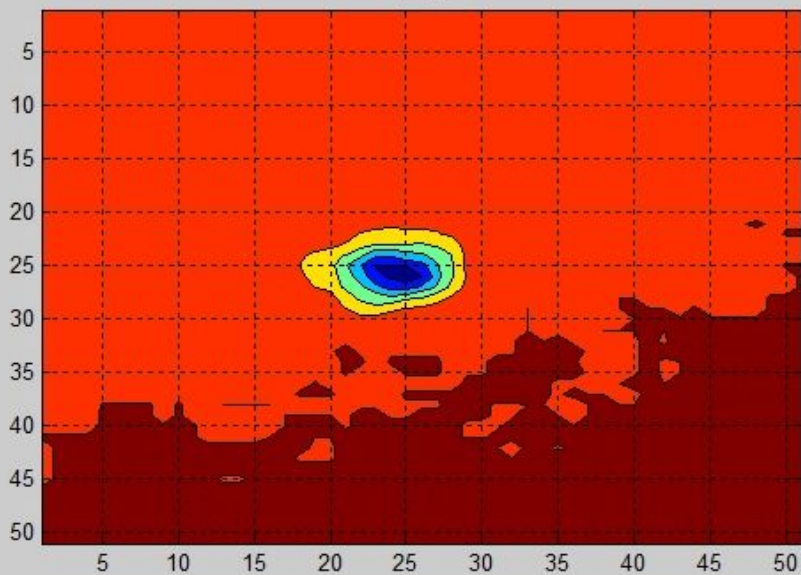


# 9

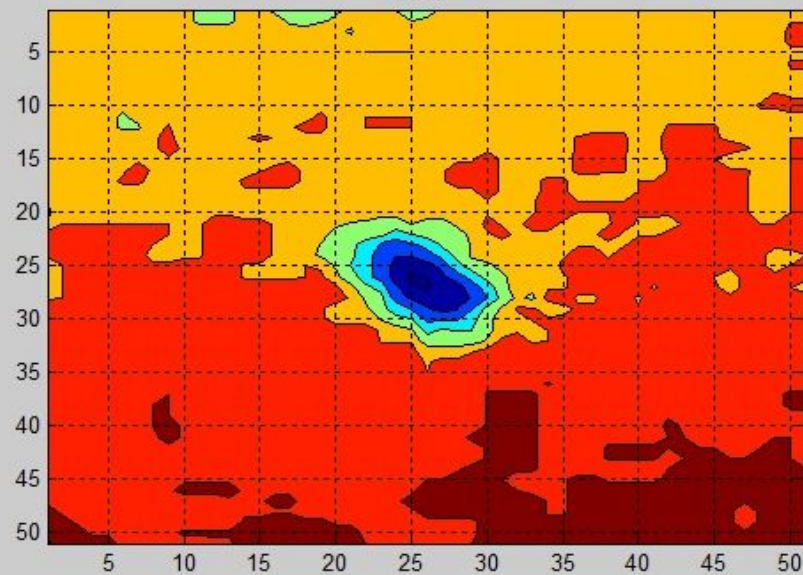


Объект 11950. Маневры за 0.13 сек

# 10



# 11



# *Скрытая жизнь на коротких временах*

- Время реакции человека на свет, звук и другие раздражители было измерено еще Гельмгольцем в 1850 г. Оно составляет 0.1 - 0.2 секунды.
- Распознавание зрительных образов занимает не менее 0.4 секунды.
- Фантомы, которые мы показали, живут доли секунды. Их жизнь скрыта от нас на коротких временах.



# *Работали*

- *Б. Жиляев*
- *С. Похвала*
- *И. Верлюк*
- *В. Петухов*
- *О. Святогоров*
- *А. Стеклов*
- *А. Видьмаченко*