

Опыт применения электронно-оптического преобразователя МПН-8КМ в астрономических наблюдениях

А.А.Солодовник, А.О.Маугазина

Северо-Казахстанский государственный университет имени М.Козыбаева

Аннотация

Проведены наблюдения метеорных треков потока Персеид с помощью электронно-оптического преобразователя на микроканальной пластине МПН-8КМ и цифровой камеры. На основании анализа наиболее качественных изображений показано, что используемая инструментальная система позволяет повысить эффективность регистрации точечных объектов в сотни раз. При этом результативность регистрации метеорных треков возрастает не менее чем на порядок по сравнению с традиционными методами наблюдений метеоров.

Среди разнообразных астрономических объектов исследования наиболее интересны те, которые характерны, как правило, наименьшим световым потоком или наиболее быстрой изменчивостью во времени. И это вполне понятно, поскольку в силу указанных обстоятельств эти объекты остаются малоизученными. Как было нами показано ранее, в яркой степени такие свойства присущи метеорным явлениям [1].

Уже простое выражение блеска метеоров в привычных астроному звёздных величинах, сопряжено с большими натяжками. Причина этого в движении метеора. Причем как ни странно именно глазомерные оценки блеска (при всей их субъективности) более реальны по сравнению с фотографическими. Объяснение кроется в инерционности зрительного ощущения глаза, что не свойственно большинству физических приёмников света. Поясним, о чём идёт речь. На поверхность приёмника излучения свет звёзды и участка метеорного трека действует в продолжении совершенно разных интервалов времени. Для звёзд этот интервал определяется выбором экспозиции. Но изображение метеорного трека состоит из элементов, на каждый из которых свет действовал гораздо меньшее время. Пусть, например, метеорный трек уместился на 1000 пикселей. Длительность полёта метеора составила 0.1 секунды. Тогда на каждый из пикселей свет действовал в течение не более чем 10^{-4} секунды. То есть, чтобы объективно сравнивать блеск метеоров со звёздами нужно выполнять снимки с экспозициями примерно той же длительности. Разумеется, при этом на снимках появятся только немногие ярчайшие звёзды. Следовательно, из всех метеоров мы также можем регистрировать только самые яркие.

Изучение более слабых метеоров требует применения либо крупных объективов, либо каких-то технических ухищрений (порой достаточно сложных [2] по усилению светового потока. Определённые перспективы мы связали с последним направлением, предложив, использовать электронно-оптический преобразователь на микроканальной пластине - МПН-8КМ, для получения изображений метеорных треков [1].

Одним из наиболее качественных образцов оборудования такого типа является модульный ночной наблюдательный прибор "МПН-8КМ" – изготавливаемый Новосибирским приборостроительным заводом, который был приобретен для нужд ЦАИ СКГУ (рис. 1). Он предназначен для наблюдения объектов в темное время суток, как при естественной освещенности от Луны и звезд, так и в полной темноте при включенном инфракрасном осветителе, встроенном в корпус. Сменные объективы позволяют менять увеличение от $1^{\times}$ до $4^{\times}$. Электронной схемой прибора предусмотрена защита ЭОП от кратковременных засветок интенсивными источниками. Прибор может работать при температурном режиме $\pm 40^{\circ}\text{C}$. Заметим, что ещё несколько лет назад приборы такого типа использовались исключительно в военной технике и были практически недоступны астрономам.



Рисунок 1. Общий вид прибора МПН-8КМ.

Важными конструктивными особенностями прибора, определяющими перспективу его применения для метеорных наблюдений, являются использование ЭОПа поколения 2+ (на базе микроканального усилителя яркости изображения), а также наличие набора адаптеров для присоединения объективов фото- и видеокамер. Технические характеристики прибора МПН-8КМ приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики прибора МПН-8КМ.

Поколение ЭОПа	2+
Усиление ЭОПа	20000-30000
Увеличение, крат	1
Угол поля зрения, град	36°
Диоптрийная настройка, дптр	± 5
ИК-подсветка	+
Источник питания	ААх2шт; 3В
Время непрерывной работы, час	16
Габариты (ДхШхВ)	169х67х80
Вес, кг	0,5
Максимальная дистанция наблюдения, м	180-400
Время непрерывной работы ИК осветителя, час	2
Предел разрешения, штр. мм.	30-38

Рабочая температура, град	±40
Относительная влажность, %	97
Штатный объектив:	
Диаметр, мм	32
Увеличение, крат	1
Угол поля зрения, град	36
Фокус, мм	27
Дополнительный объектив:	
Диаметр, мм	60
Увеличение, крат	4
Угол поля зрения, град	10
Фокус, мм	100

Весьма привлекательным представляется высокое усиление яркости изображения, обеспечиваемое прибором. Если подходить к системе «Усилитель яркости + Приёмник» идеализировано, то усиление в 20 000 раз должно быть эквивалентно применению телескопа с апертурой в 140 раз большей, чем диаметр объектива (порядка 420 см). При этом поле зрения составит в 36°! Такое поле зрения вполне способно конкурировать с обзором человеческого глаза. Ведь при визуальных наблюдениях метеоров рекомендуется ограничивать поле зрения диаметром 60°, при том что угол ясного зрения глаза и того меньше и составляет 23.5°. Разумеется, с учётом потерь в оптическом тракте эти ожидания следует в несколько раз умерить. И, тем не менее, перспектива налицо.

Первые наблюдения с применением прибора МПН-8КМ были проведены в ночь с 12 на 13 августа 2015 года. Дата, совпадающая с эпохой максимума Персеид, была выбрана с целью, получить изображения метеорных треков с максимальной вероятностью. Приёмником излучения служила камера CANON 1000D. Приборы размещались на азимутальном штативе, поскольку при коротких экспозициях компенсации суточного движения светил не требуется. Съёмка велась в условиях наступления астрономической ночи, в отсутствии облачности в пункте расположенном на расстоянии около 6 километров от города Петропавловска.

При получении изображений применялись экспозиции от 0.16 до 1.5 секунд. Для детального анализа было отобрано 20 изображений, удовлетворяющих нас по качеству. При этом на 6 снимках уверенно прослеживаются метеорные треки (рис. 2 и 3). Интересно, что в двух случаях на последовательных снимках удалось зафиксировать один и тот же метеор. Возможно, это удалось потому что, несмотря на кратковременность метеорного явления, благодаря значительному усилению прибора МПН-8КМ, система позволяет регистрировать свечение метеорного следа. При использовании фотоэмульсий это практически невозможно, из-за их низкой чувствительности.

Разумеется, основным вопросом на данном этапе была оценка эффективности применения усилителя светового сигнала. Наиболее простым и очевидным путём для её получения является определение предельного блеска звёзд, различимых на снимках и сравнения его с таковым же, но полученным той

же камерой без усилителя. На снимках запечатлены звёздные поля в области созвездия Персея, где в области знаменитых скоплений имеется хороший фотометрический стандарт. Сравнение с картографическими данными (программы Stellarium) позволило установить точный размер области неба, фиксируемый прибором и блеск наиболее слабых звёзд. Оказалось, что диаметр невиньетированного поля зрения системы составлял 30 градусов. При этом на снимках, полученных с экспозицией 1.6 секунды различимы звёзды несколько слабее 12 звёздной величины. При такой же экспозиции камера CANON 1000D без усилителя позволяет получать изображения звёзд не слабее около 5 звёздной величины. Выигрыш в 7 звёздных величин эквивалентен увеличению световой эффективности системы, по меньшей мере, в 600 раз! Разумеется, такой вывод сулит самые оптимистические перспективы в развитии методики метеорных наблюдений.

Подтвердить или опровергнуть такой прогноз могут только реальные наблюдения. Они, как указано выше, были выполнены в эпоху максимума потока Персеид, для которого имеются надёжно определённые значения интенсивности и функции светимости. Пример изображения звёздного поля и метеорного трека на его фоне показан на рисунке 2.

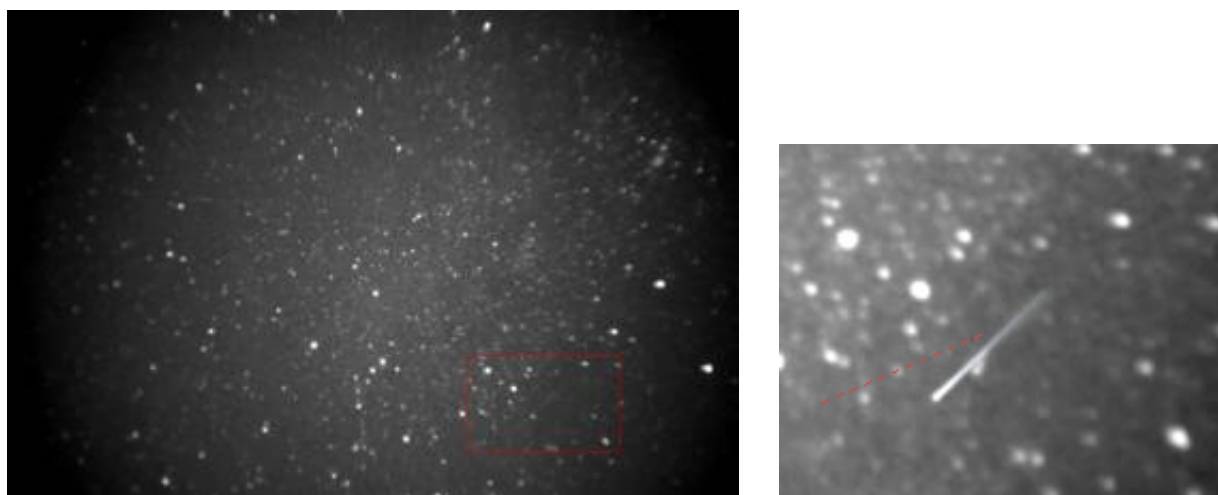


Рисунок 2. Изображение участка звёздного неба (созвездие Персея).
Получено 12.08.2015 в 18ч.45м.12с. Всемирного времени с экспозицией 6.0 с.
Выделен участок с метеорным треком.

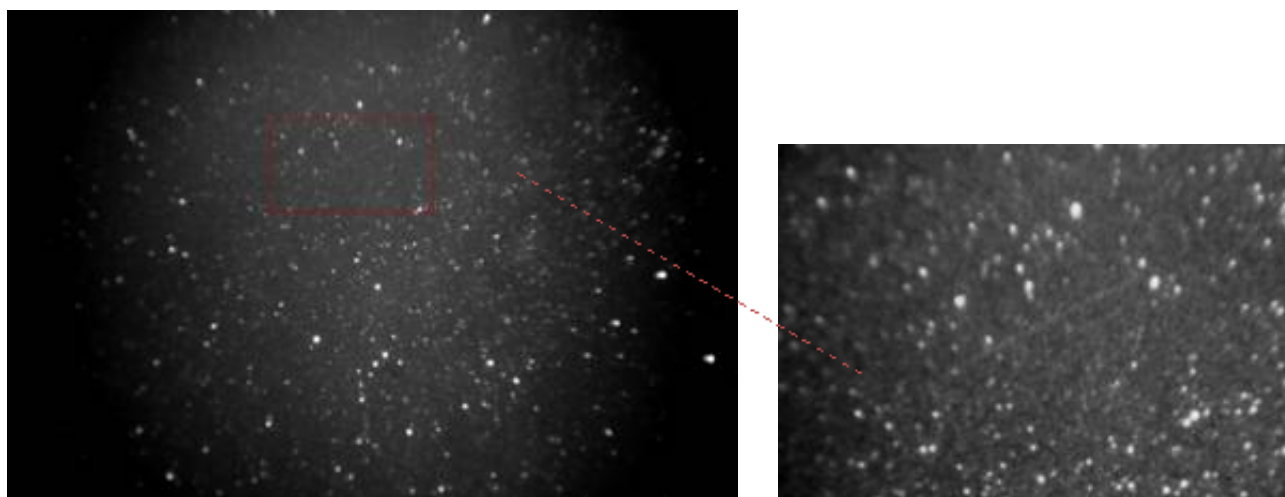


Рисунок 3. Изображение участка звёздного неба (созвездие Персея).
Получено 12.08.2015 в 18ч.47м.32с. Всемирного времени с экспозицией 8.0 с.
Выделен участок с метеорным треком.

В таблице 2 представлены сведения о наиболее качественных изображениях звёздных полей, полученных в наиболее благоприятных условиях. Приводятся № файла с указанием наличия метеорных треков (литера М); время получения снимка и экспозиция.

Таблица 2. Сведения об изученных изображениях звёздных полей и метеорных треков.

№	Название изображения	Время	Время экспозиции
1	IMG_5160	00:43:12	1.6
2	IMG_5162	00:44:26	2.0
3	IMG_5163 М	00:44:58	6.0
4	IMG_5164 М	00:45:12	6.0
6	IMG_5165 М	00:47:32	8.0
7	IMG_5166	00:48:10	8.0
8	IMG_5167 М	00:50:32	8.0
9	IMG_5169	00:50:46	8.0
10	IMG_5170	00:51:08	8.0
11	IMG_5171	00:51:22	8.0
12	IMG_5172	00:51:34	8.0
13	IMG_5173	00:51:46	8.0
14	IMG_5174	00:51:58	8.0
15	IMG_5175 М	00:52:10	8.0
16	IMG_5176 М	00:52:20	8.0
17	IMG_5177	00:52:30	8.0
18	IMG_5178	00:53:22	10.0
19	IMG_5179	00:53:48	15.0

20	IMG_5180	00:54:06	15.0
Суммарное время экспозиции			159.0

Ожидаемое число зарегистрированных метеоров можно рассчитать исходя из данных об осреднённой максимальной активности потока. В нашем случае она ожидалась на уровне около 120 метеоров в час при зенитном положении радианта [2, 3]. С учётом реальной высоты радианта (не более 40 градусов в конце наблюдения) это число следует уменьшить до 80 метеоров в час или 1.3 метеоров в минуту. Причём эту величину относят к кругу диаметром в 60 градусов [2-5]. В нашем случае охватываемая наблюдением область неба имела диаметр около 30 градусов. То есть по площади в 4 раза меньше. Тогда ожидаемое число метеоров должно быть не более 0.3 в минуту. За 2.5 минуты суммарной экспозиции при наших наблюдениях можно рассчитывать на регистрацию 0.8 метеора невооружённым глазом. Фотографирование метеоров на типичные эмульсии снизило бы эту величину как минимум в 4-5 раз. Сложнее оценить эффективность регистрации метеоров цифровыми камерами. Реальнее всего базироваться на сопоставлении их чувствительности с фотоэмульсиями (что широко практикуется). Чаще всего рекомендуется к установке чувствительность на уровне 400 единиц ASA. При том, что чувствительность астрономических плёнок при длительных экспозициях составляет около 50 единиц ASA. Тогда ожидаемое количество зарегистрированных метеорных треков при использовании цифровой камеры было бы примерно вдвое больше, чем при визуальных наблюдениях.

В рассматриваемом эксперименте, таким образом, количество зарегистрированных метеоров превосходит ожидаемое их число при визуальных наблюдениях примерно в 8 раз. Аналогично при сравнении с фотографическими наблюдениями с использованием эмульсий выигрыш составил бы от 30 до 40 раз. Даже по сравнению с наблюдениями, выполняемыми с помощью цифровых камер, выигрыш может составить до 4 – 5 раз.

Недоумение может вызвать то обстоятельство, что при наблюдении звёзд выигрыш в регистрации предельно слабых объектов был гораздо выше и составлял несколько сотен. Однако, следует не забывать то, что получение изображений неподвижных точечных источников света (звёзд) совершенно не то же самое, что регистрации предельно быстро движущихся и имеющих определённые угловые размеры объектов – метеоров. Сравнение этих двух задач достаточно подробно рассмотрено в работах Багрова с соавторами [6, 7].

Разумеется, приведенные нами оценки эффективности применения усилителей изображения при наблюдении метеоров носят предварительный характер. Их уточнение позволит полнее раскрыть потенциал предложенной нами системы регистрации метеорных треков.

Литература:

1. Солодовник А.А., Маугазина А.О. «К вопросу об эффективности применения цифровых приёмников излучения к регистрации метеорных явлений». 2016
2. Бабаджанов П.Б. «Метеоры и их наблюдение». М.: Наука, 1987. 192с.
3. Бронштэн В.А. «Метеоры, метеориты, метеориды», М.: Наука, 1987. 39-40с.
4. Зоткин И.Т. «Наблюдения метеоров», М.: Наука, 1972 г. 3-4с.
5. Астапович И.С. «Метеорные явления в атмосфере Земли». М.: Физматгиз, 1958. 640с.
6. Багров А.В., Болгова Г.Т., Леонов В.А. «Телевизионный мониторинг метеорных явлений для изучения эволюции метеорных потоков // Кинематика и физика небесных тел». 2003. №4. 265-268с.
7. Багров А.В., Леонов В.А., Перков А.В. Результаты телевизионного мониторинга метеорных событий за 2002-2003гг // Тез. докл. Всероссийской астроном. конф. ВАК-2004 «Горизонты Вселенной» // Тр. Гос. астроном. ин-та им. П.К. Штернберга, 2004. Т.LXXV. 72с.