

# Аппаратура для исследования положения линии морского горизонта в видимой области спектра с использованием поляризационных светофильтров

*Маслов И.А. (1), Гришин В.А. (1,2), Николенко И.В. (3,4)*

(1) Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

(2) МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

(3) Крымская астрофизическая обсерватория РАН, п. Научный, Россия

(4) Институт астрономии РАН, Москва, Россия

В настоящее время наблюдается значительный интерес к исследованиям **методов навигации**, обладающих устойчивостью и надежностью в условиях возможного радиоэлектронного противодействия. Одним из возможных источников навигационной информации является **использование наблюдаемой линии горизонта** и объектов, находящихся на предельных для наблюдения расстояниях, как **для определения направления местной вертикали**, так и для корреляционно-экстремальной навигации. Однако **наблюдение линии горизонта** и удаленных объектов на горизонтальных трассах на Земле существенно **осложняется наличием плотной атмосферы**. Вариации температуры, давления и влажности атмосферы порождают вариации степени её рефракции. Наличие в атмосфере аэрозолей, а также нестабильность их концентрации и состава во времени обуславливают изменяющееся во времени рассеивание и ослабление оптического излучения. Указанные факторы существенно затрудняют обнаружение и распознавание, как линии горизонта, так и объектов, находящихся на предельных расстояниях.

Некоторое уменьшение влияния рассеянного атмосферой излучения может быть достигнуто при **использовании поляризационных светофильтров**. Для оценки перспективности использования таких светофильтров для выделения горизонта, а также для оценки стабильности атмосферной рефракции, была разработана и запущена в эксплуатацию описываемая ниже аппаратура.

Разработанная аппаратура содержит три камеры с полем зрения 62x54 градуса, дающих цветное **RGB** изображение 3280x2464 пикселей (сенсор Sony IMX219 Exmor) в формате **ВМР**. Перед двумя камерами были дополнительно поставлены поляризационные светофильтры с главными осями ориентированными параллельно и перпендикулярно линии горизонта. Камеры установлены на площадке телескопа Цейсс-1000 Института астрономии РАН, вблизи **п. Симеиз на высоте 370 м над уровнем моря**. Ориентировочная дальность до горизонта с этой высоты составляет 72 км. Поскольку выходная информация используемых сенсоров имеет только **256 градаций яркости**, то автоматический подбор экспозиции осуществляется по полосе изображения в районе линии горизонта. Экспозиции варьируются от нескольких миллисекунд днем до нескольких минут ночью. Калибровка ориентации камер осуществляется по ярким звездам, изображения которых получаются ночью.

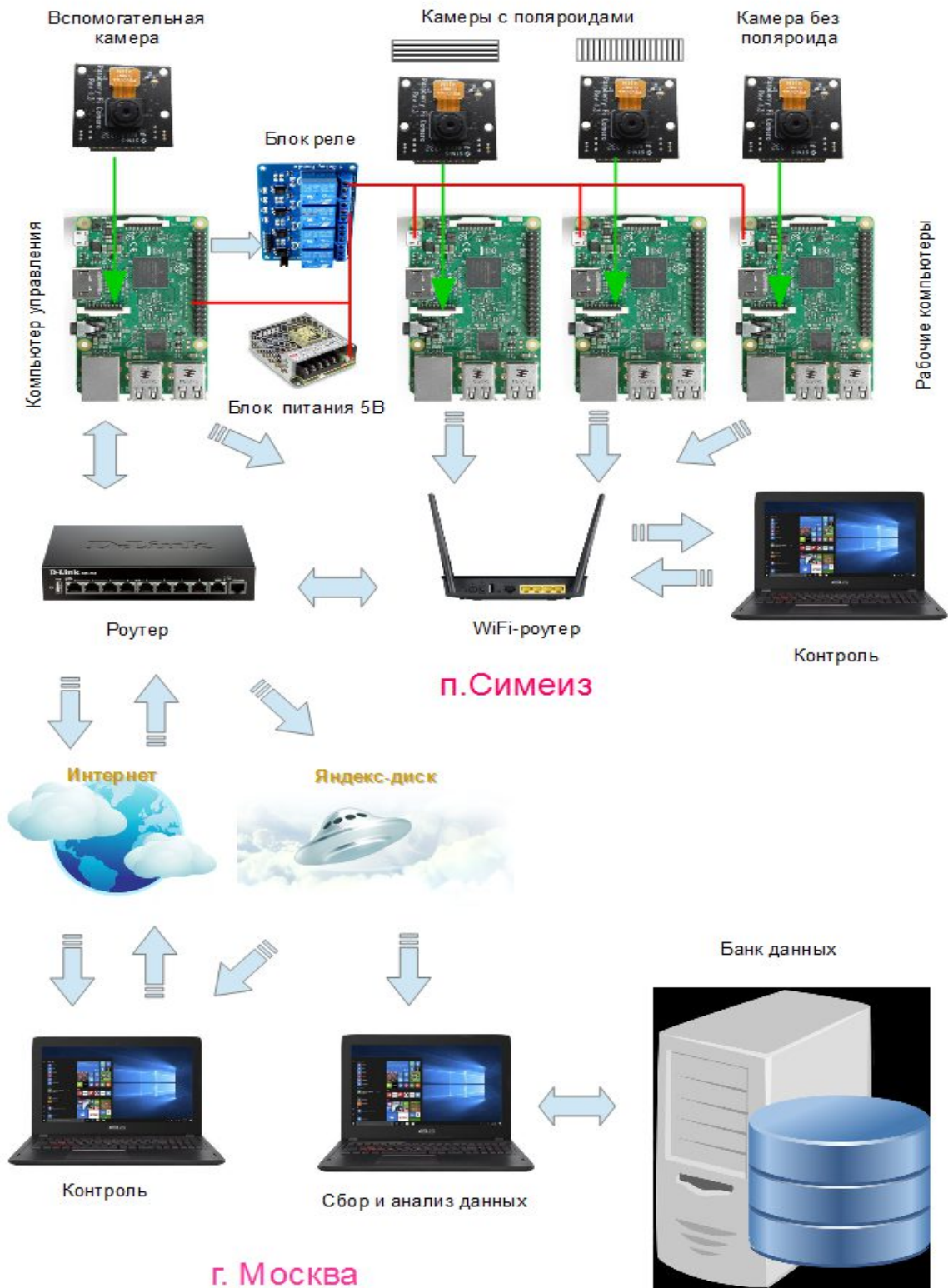
Камеры включаются автоматически при подаче на них напряжения питания (что немаловажно при наличии возможности отключения электропитания) и работают круглосуточно, записывая полученные изображения в сжатом виде на Яндекс-диск, откуда периодически переписываются исследователями на их носители информации для дальнейшей обработки. **Предварительный анализ** полученных данных указывает на улучшение выделения линии горизонта при ориентации оси поляроида таким образом, чтобы исключить однократно рассеянное солнечное излучение. Однако, ситуация, из-за наличия отражения от морской поверхности, возможно, более сложная и требует дополнительного изучения.



1 – поляризационные светофильтры перед камерами; 2 – камера без поляризационного светофильтра; 3 – три микрокомпьютера; 4 – питание 5 В.



Аппаратура, установленная на обсерватории.



Структура аппаратуры

Управление камерами и прием информации от них осуществляется компьютерами Raspberry Pi, использующими ARM-микропроцессор BCM2835. Компьютеры работают под **ОС Linux**, программа управления написана на языке **Python**. Три компьютера с камерами включаются и начинают работать при подаче на них напряжения 5В (суммарный ток не более 3А) и, используя WiFi-соединение, через роутер связываются с сетью Интернет и с компьютерами локальной сети, с которых можно при необходимости корректировать процесс работы. Для увеличения надежности работы предусмотрено дистанционное (через Интернет) включение и выключение питающего напряжения.



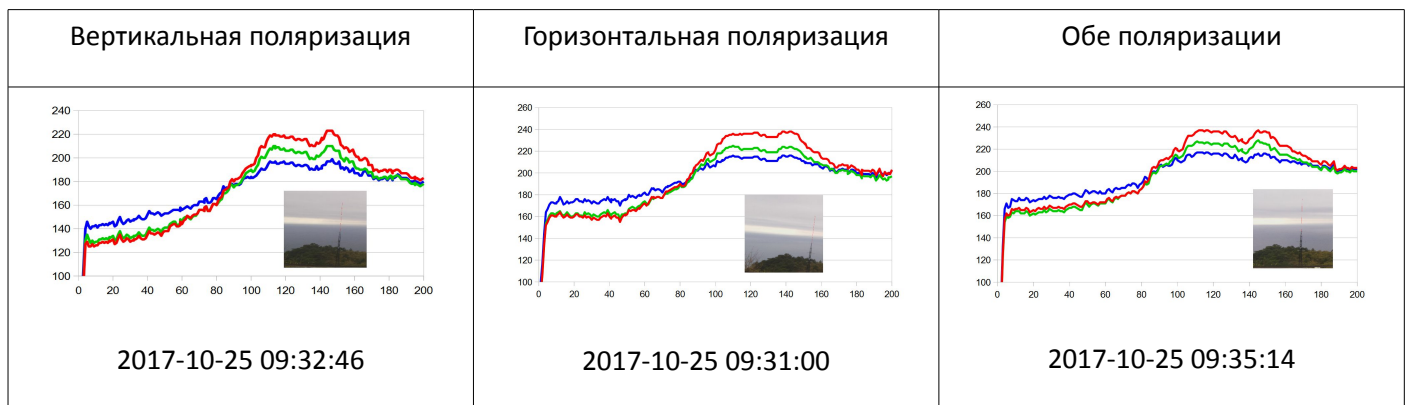
Один из утренних снимков.

Примеры снимков для Солнца на восходе и в кульминации с вертикальными сканами яркости в RGB цветах в районе горизонта. По вертикали – яркость, по горизонтали – угловое расстояние в пикселях от наземного ориентира. Один пиксель, примерно, одна угловая минута. Горизонт -- около 110 пикселя.

### Утро



### Полдень



### Вечер

