



УДК 523.62

## ***SkyLine* – универсальный проект видеонаблюдения метеоров**

К. И. Иванов, Е. С. Комарова

*Иркутский государственный университет*

**Аннотация.** На фоне возросшей за последние годы актуальности метеорной астрономии возникла необходимость в проведении качественных наблюдений, способных дать максимальное количество информации как об отдельных метеорных частицах, так и о потоках, в которые они входят. Данная ситуация обусловлена потенциальной возможностью использования полученных результатов для исследования верхней атмосферы Земли, а также прояснения ряда вопросов относительно формирования и эволюции планеты.

Среди всех методов исследования метеоров особое место занимают видеонаблюдения как наиболее информативные и относительно простые в реализации. В 2014 г. усилиями авторов был разработан и успешно опробован аппаратно-программный комплекс, позволяющий вести непрерывные видеонаблюдения и получать исчерпывающие сведения о поведении метеорных частиц в атмосфере и космосе.

В настоящей работе представлены основные сведения о техническом устройстве, программной составляющей, а также принципах получения и обработки информации. С помощью проекта были проведены наблюдения метеорного потока Персеид. Обе камеры на расстоянии 155 км работали каждую ночь с 5 по 15 августа 2014 г. В результате было получено 886 метеорных регистраций, из которых 150 – базисные. Анализ метеоров выявил шесть крупных потоков, но так как наблюдения проводились во время потока Персеид, то 80 % метеоров принадлежат именно к этому потоку. По результатам базисных наблюдений были рассчитаны радианты, скорости, высоты загорания метеорных частиц, орбитальные параметры и др. Всего программа позволяет получить информацию о 80 параметрах, погрешность астрометрии и фотометрии в среднем составляет 10 %.

**Ключевые слова:** оборудование, метеор, видеонаблюдения метеоров, базисные наблюдения, фотометрия, астрометрия.

### **Введение**

Роль атмосферы Земли очень велика. С одной стороны, она является защитой биосферы Земли от космогенных воздействий, с другой – оказывает активное влияние на прочие ее оболочки: гидросферу и литосферу. Вследствие взаимодействия космического вещества с атмосферой Земли метеорную астрономию можно рассматривать как инструмент для изучения атмосферы. Метеорная зона, расположенная на высотах от 80 до 120 км, представляет значительный интерес в рамках сразу нескольких направлений

физики атмосферы, одновременно являясь зоной турбопаузы, областью локализации источников оптического излучения, частью ионосферы, зоной зарождения серебристых облаков и т. д.

Взаимодействие метеорных частиц с земной атмосферой на данный момент изучено лишь в отношении абляции метеороидов при прохождении воздушных слоев, однако вопрос влияния притока космической пыли на ее верхние слои пока остается открытым. Привнесение метеорного вещества в разреженную верхнюю атмосферу способно заметно менять ее химический состав, особенно в отношении тяжелых элементов. Регулярные наблюдения позволяют исследовать связь между изменениями химического состава и действиями метеорных потоков. Существует ряд работ, демонстрирующих усиление атмосферной эмиссии в линиях различных элементов во время действия сильных метеорных потоков [8]. Также есть основания считать, что химический состав частиц отдельно взятого потока идентичен, и потому различные потоки могут преимущественно давать вклад строго определенных, конкретных элементов [3].

Метеоры, особенно высокоскоростные, являются тонкими индикаторами параметров верхней атмосферы. Базисные наблюдения позволяют измерять высоты их сгорания и исследовать зависимость плотности атмосферы от высоты как реакцию на солнечную активность или внутренние причины «вспухания» атмосферы; тем же способом можно определить характер нормализации параметров ее внешних слоев после прекращения внешнего воздействия. Здесь проявляется основное преимущество данного метода перед остальными: возможность дешевого, долговременного, непрерывного мониторинга состояния атмосферы Земли на высотах, недоступных для изучения иными средствами. Именно поэтому можно сказать, что метеорная астрономия – это один из немногих способов, данных нам самой природой, чтобы получить информацию о процессах, происходящих на этих высотах [1]. Так, в 1904 г. Блажко заподозрил наличие линий водорода в спектрах свечения верхней атмосферы. В 1951 г. его открытие было подтверждено Миллманом, который, в свою очередь, обнаружил в спектре метеоров инфракрасные линии азота  $N_2^+$  [7]. В 1918 г. Вегенер, используя данные наблюдений метеоров в Англии, определил плотность воздуха для расчета траектории снаряда «парижской пушки» [2]. В 1922–1924 гг. Линдемман и Добсон на основе теории скачка плотности Рэля развили физическую теорию метеоров и обнаружили, что плотность верхней атмосферы на два порядка превышает расчетную для изотермической модели. Данный результат мог быть объяснен только высокой температурой верхних слоев атмосферы, и последующее изучение траекторий звуковых волн подтвердило этот факт [4].

Область инверсии метеоры проходят без изменения яркости, поэтому высоты их угасания имеют двойной максимум – выше и ниже 50–60 км. Часть слабых метеоров светится, по-видимому, ниже этого слоя. Таким образом, верхняя инверсия открыта благодаря метеорам [5]. Наблюдения дрейфа метеорных следов еще в прошлом веке указали на наличие быстрых горизонтальных воздушных течений в области их возникновения (высота

80–110 км), доходящих до 300 м/с (в среднем 50–70 м/с). В 1942–1945 гг. Астапович, исследуя 119 следов, обнаружил, что в течение суток вектор дрейфа следует за солнцем. Это означало периодические перемещения воздушных масс верхней атмосферы и соответствовало солнечно-суточным геомагнитным вариациям из-за перемещения зарядов в Е-слое [9]. В 1954 г. радионаблюдения дрейфов метеорных следов (метод Гринхоу) полностью это подтвердили [6]. Наложение суточной и полусуточной волн близ местной полуночи создает «полуночный эффект», найденный в ходе изучения многих метеорных явлений еще в 1935 г. (ослабление свечения метеоров, особенно слабых, метеорных следов, полуночная «петля» вектора их дрейфа, скачок в ходе высот метеоров и др.) [10].

Научно-технический прогресс последних лет сделал возможным создание оборудования, позволяющего получать массу сведений о метеорах и их потоках в реальном времени. Стали доступными астро- и фотометрия высокой точности, недостижимые при визуальных и фотографических наблюдениях, применявшихся в прошлом. Программные комплексы, работающие на базе мощных вычислительных машин, позволяют получать и обрабатывать информацию в автоматическом режиме, подчас вовсе не требуя участия оператора, что исключает ошибки, обусловленные человеческим фактором. Все вышеперечисленное способствует созданию наблюдательных комплексов, способных получать информацию, имеющую высокую научную ценность.

В 2014 г. сотрудники астрономической обсерватории Иркутского государственного университета разработали и реализовали проект *SkyLine*, в рамках которого предполагается проводить высокоточные односторонние и базисные видеонаблюдения метеоров. Аппаратная и программная составляющие наблюдательных комплексов, входящих в состав проекта, подобраны с учетом актуальных задач современной метеорной и околоземной астрономии, а также максимальной мобильности, эргономики и простоты эксплуатации.

### **Структура проекта**

В основу проекта *SkyLine* положена концепция модульности, главными преимуществами которой являются возможность проведения как односторонних, так и базисных наблюдений, а также расширяемость сети наблюдательных станций (патрулей) без необходимости прекращения текущих исследований и внесения каких-либо изменений в конфигурацию имеющегося оборудования. Кроме того, подобный подход исключает остановку наблюдений в случае выхода из строя одной или нескольких станций и позволяет охватить большую область неба.

Каждая отдельно взятая станция представляет собою полноценный и самостоятельный наблюдательный комплекс, обеспечивающий наблюдения и глубокий анализ полученной информации в одностороннем режиме. Блок-схема наблюдательного модуля представлена на рис. 1.

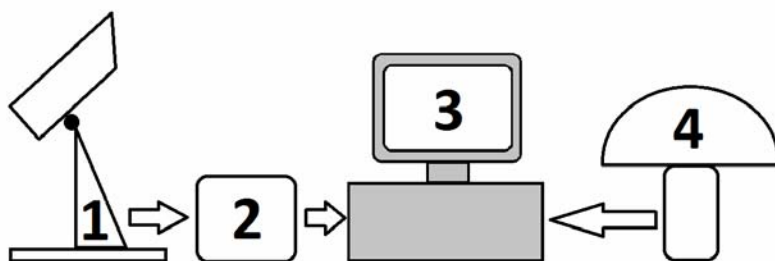


Рис. 1. Блок-схема метеорного патруля

Основным элементом каждой наблюдательной станции, входящей в состав проекта, является детектор 1, представляющий собою аналоговую ПЗС<sup>1</sup>-видеокамеру, установленную в защитном кожухе, закрепленном на альт-азимутальном штативе. Сигнал с камеры подается на устройство видеозахвата 2, откуда после оцифровки попадает на управляющий компьютер 3, где с помощью специального программного обеспечения производится автоматический анализ полученного изображения с последующим выделением метеорных треков. Базисные наблюдения требуют жесткой привязки всех станций к единой системе времени, а также точного определения географических координат каждого пункта. Данная проблема успешно решается с помощью GPS<sup>2</sup>-приемника 4.

Приведенная выше схема может несколько отличаться для каждого наблюдательного пункта. В частности, в целях синхронизации времени допускается использование специализированных серверов, доступных в сети Интернет. Тем не менее наличие GPS-приемника обеспечивает дополнительную мобильность установки, а использование ноутбука в качестве управляющего компьютера позволяет развешивать ее в любых условиях силами одного человека в течение часа. Подробное описание программной и аппаратной частей наблюдательной станции представлено в следующих разделах.

### Аппаратное обеспечение

Технические решения, применяемые в рамках проекта *SkyLine*, относительно просты, что обеспечивает высокую надежность и простоту эксплуатации оборудования. Тем не менее в целях более полного понимания принципов действия наблюдательного комплекса в настоящем разделе приводится подробное описание элементов, входящих в его состав.

Как уже было сказано выше, в основе каждого наблюдательного пункта лежит детектор, выполненный на базе ПЗС-камеры. В нашем случае используется аналоговая CCTV-камера *Watec Wat-902H2 Ultimate*, работающая в видеоформате PAL, обеспечивающая разрешение 570 ТВЛ и позволяющая получать оцифрованное изображение с разрешением 720×576 точек при час-

<sup>1</sup> Прибор с зарядовой связью – общее обозначение класса полупроводниковых приборов, построенных на основе технологии управляемого переноса заряда в объеме полупроводника.

<sup>2</sup> *Global Positioning System* – система спутниковой навигации, разработанная Министерством обороны США. Позволяет производить высокоточную привязку по координатам и времени.

тоте 25 кадров в секунду. Особенностью камеры является возможность работы в условиях очень низкой освещенности (вплоть до 0,000033 лк), обеспечивая при этом отношение сигнал/шум не менее 50 дБ. Низкий уровень шума возможен благодаря применению в конструкции камеры относительно большой для данного класса устройств ПЗС-матрицы форматом 1/2", а также высококачественной электроники.

За построение изображения отвечает сверхсветосильный широкоугольный объектив *Fujinon YV2.7-2.9LR4D-SA2*, диафрагменное число которого составляет F0,95. Устройство снабжено ручным регулятором зума, позволяющим гибко настраивать размер поля зрения установки в зависимости от решаемых задач, максимальная диагональ которого в нашем случае составляет 58°. Автодиафрагма объектива исключает повреждение камеры даже в случае попадания в него прямого солнечного света, что дает уникальную возможность отказаться от автоматического укрытия, значительно упрощая конструкцию установки и увеличивая ее мобильность.

Камера с установленным на ней объективом размещена в герметичном кожухе *WizeBox SV26P-08*, обеспечивающем класс защиты от внешних воздействий IP66. Кожух оборудован встроенным блоком питания камеры с защитой от сетевых помех, а также устройством грозозащиты. Микроклимат рабочего пространства поддерживается с помощью двух маломощных нагревателей, управляемых с помощью термостатов и обеспечивающих безаварийный запуск и эксплуатацию камеры в диапазоне температур окружающей среды от -65 до +45 °С. Рабочее окно кожуха снабжено полированным оптическим стеклом, обогреваемым по всему периметру, что гарантирует высокое качество изображения и исключает блокировку окна снегом или инеем. Воздушный промежуток между корпусом кожуха и козырьком не допускает перегрева оборудования под действием солнечного света.

Установка и наведение камеры на заданную область неба осуществляется с помощью альт-азимутального штатива, разработанного и построенного авторами. Все элементы штатива выполнены из устойчивых к коррозии материалов, что позволяет использовать его круглый год под открытым небом. Регулировка камеры по угловой высоте осуществляется с помощью подвижной оси, установка по азимуту выполняется соответствующим перемещением самого штатива. Крестообразное основание штатива снабжено регулируемыми ножками с малой площадью контакта, дающими возможность устойчиво закрепить его на любой площадке размером 50×50 см и перепадом рельефа до 5 см.

Внешний вид детектора в рабочем положении и видеокамеры представлен на рис. 2.

Сигнал с видеокамеры посредством коаксиального кабеля *RG-6U* (волновое сопротивление 75 Ом) передается на композитный видеовход устройства видеозахвата, обеспечивающего конвертацию аналогового сигнала в цифровой. В мобильном варианте наблюдательной станции используется портативный видеораббер *Pinnacle 510-USB*, выполненный на базе высоко-

качественного малошумящего 9-битного АЦП<sup>3</sup> *Philips SAA7113H*. Более мощный стационарный вариант наблюдательной установки оснащен устройством видеозахвата *BlackMagic Intensity Pro PCIe* на базе 10-битного малошумного АЦП, что позволяет получать цифровое изображение весьма высокого качества. Кроме того, устройство оснащено встроенным модулем оперативной памяти емкостью 256 Мб, исключающим потерю кадров в случае кратковременного «зависания» программы-детектора.



Рис. 2. Детектор в сборе (слева) и CCTV-камера *Watec Wat-902H2 Ultimate* (справа)

В качестве управляющего компьютера для мобильной установки может быть использован любой ноутбук на базе процессора с тактовой частотой не ниже 2,4 ГГц, объемом оперативной памяти не менее 2 Гб и работающий под управлением операционной системы семейства *Windows*. Стационарный вариант выполнен на базе высоконадежного промышленного компьютера фирмы *AdvantiX*, оснащенного четырехъядерным процессором *Intel Core i7-4770S* 3,5 ГГц, оперативной памятью объемом 8 Гб и частотой 1600 МГц, а также высокопроизводительным SSD-накопителем. Компьютер имеет большой запас вычислительной мощности, что позволяет одновременно обслуживать до восьми камер, способных покрыть практически всю небесную полусферу. В случае дальнейшего развития проекта указанная возможность будет весьма востребована.

Определение координат и временная синхронизация наблюдательного комплекса осуществляются с помощью портативного GPS-приемника *GlobalSat BU-353 Glonass*, имеющего возможность одновременной работы в системах *GPS* и *Glonass*, что значительно повышает точность и надежность

---

<sup>3</sup> Аналого-цифровой преобразователь. Устройство, преобразующее аналоговый входной сигнал в дискретный код.

позиционирования. Тем не менее точность синхронизации времени, доступная для данного приемника, не превышает 1 с, что является верхним пределом для базисных наблюдений. Более точная синхронизация может быть достигнута в случае применения специализированных систем, созданных для этой задачи.

### **Программное обеспечение**

Видеомониторинг неба осуществляется посредством приложения *UFO Capture V2 2.24* производства японской компании *SonotaCo* [11]. Программа имеет исчерпывающий набор функций и позволяет выделять переменные объекты в соответствии с параметрами, заданными пользователем. Широкий спектр доступных настроек обеспечивает возможность обнаружения объектов различных скоростных диапазонов и яркостей, фильтрации артефактов от искусственных спутников, птиц, насекомых, вспышек молний, космических лучей и летательных аппаратов. Предусмотрена возможность фиксации целого события на фоне исключаящего: даже находясь в режиме фильтрации исключения, программа не пропустит интересующий объект.

Файлы, полученные в результате обработки наблюдений, содержат большое количество данных, обработка которых в ручном режиме не представляется возможной. В целях оптимизации процесса хранения и обработки полученной информации авторами создано приложение *SkyLine Database*. Данное решение, разработанное на основе СУБД<sup>4</sup> *Microsoft Access 2011*, позволяет быстро осуществлять произвольную выборку данных в любых разрезах, а также отображать сведения о любом объекте в удобном виде, что делает его неотъемлемой частью проекта.

### **Организация наблюдений**

Требования, выдвигаемые в отношении односторонних наблюдений, достаточно просты, потому их выполнение не представляет особой сложности. Необходимо лишь определить точку небесной сферы, элонгация которой от предполагаемого радианта исследуемого потока будет находиться в пределах 30–60°, что обеспечит оптимальное соотношение точности вычисления астрометрических и фотометрических параметров. Если же объектом исследования является общая метеорная активность, данный критерий можно исключить и учесть лишь погодные условия и состояние атмосферы. Наличие Луны в кадре нежелательно, однако и в противном случае чувствительность широкоугольного детектора не снижается до критических величин, а фотометрическая погрешность находится в пределах нормы.

По сравнению с односторонними базисные наблюдения требуют соблюдения гораздо большего количества условий, основным является максимально точное соблюдение азимута и угловой высоты детектора, от которых зависит размер области неба, покрываемой одновременно несколькими камерами. Установка азимута не представляет сложности и выполняется при помощи компаса, в то время как установка высоты зависит от многих факторов.

---

<sup>4</sup> Средство управления базами данных.

На рисунке 3 дано схематическое изображение оптимальной геометрической конфигурации детекторов для проведения базисных наблюдений из двух пунктов.

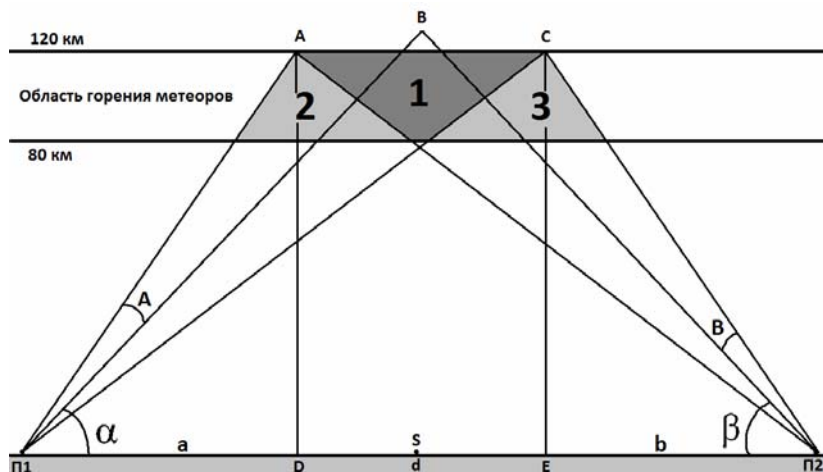


Рис. 3. Оптимальная геометрическая конфигурация детекторов для проведения базисных наблюдений из двух пунктов

Основным критерием, определяющим эффективность наблюдений, является максимальный размер общего поля зрения 1, выделенного темно-серым цветом. Метеор, попавший в данную область, может одновременно наблюдаться в П1 и П2 и потому считается базисным. Метеоры, попавшие в зоны 2 и 3, будут видны только в одном пункте (П1 и П2 соответственно), и потому такие наблюдения считаются односторонними.

Ввиду того что длительность наблюдений зачастую весьма значительна и составляет как минимум несколько ночей (в идеале они должны проводиться без перерыва круглый год), места установки наблюдательных станций выбираются исходя из наличия в них необходимой инфраструктуры. Это налагает ограничение на параметр  $d$ , равный расстоянию между П1 и П2 и называемый базисом. Величина базиса в значительной степени определяет точность наблюдений: с ее увеличением растет точность астрометрии, в то время как точность фотометрии снижается.

Идеальным можно считать случай, при котором длина базиса подобрана так, чтобы нижняя граница поля зрения первого приемника в точности совпадала с верхней границей поля зрения второго в точке С, высота которой над поверхностью Земли равна максимальной высоте горения метеора  $h = 120$  км. Аналогично, верхняя граница поля зрения первого приемника должна совпасть с нижней границей поля зрения второго. Принимая во внимание все вышесказанное, а также обозначив расстояния П1D и П2E как  $a$  и  $b$  соответственно, получим математическое выражение для определения идеальной угловой высоты детекторов:



$$\left\{ \begin{array}{l} \operatorname{tg}(\alpha + A) = \frac{h}{a} \\ \operatorname{tg}(\alpha - A) = \frac{h}{d - b} \\ \operatorname{tg}(\beta + B) = \frac{h}{b} \\ \operatorname{tg}(\beta - B) = \frac{h}{d - a} \end{array} \right. , \quad (1)$$

где  $\alpha$  и  $\beta$  – углы между горизонтом и отрезками П1В и П2В, соответствующими центрам полей зрения детекторов (искомые угловые высоты),  $A$  и  $B$  – углы между центрами и верхними границами полей зрения. Поля зрения детекторов являются симметричными, потому углы между центрами и нижними границами их полей зрения также равны  $A$  и  $B$ .

Наилучшим решением будет использование идентичных детекторов, в этом случае геометрия их размещения на местности станет симметричной: при  $d = 2S$  угловые высоты  $\alpha$  и  $\beta$ , а также значения  $a$  и  $b$  будут равны, а равенство углов  $A$  и  $B$  напрямую следует из условия идентичности приемников. С учетом этих условий система (1) сводится к квадратному уравнению вида

$$d \operatorname{tg}^2 \alpha - 2h(\operatorname{tg}^2 A + 1) \operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg}^2 A = 0 \quad (2)$$

Вводя для удобства дополнительные обозначения

$$k = -2h(\operatorname{tg}^2 A + 1) \text{ и } m = \operatorname{tg}^2 A \quad (3)$$

получаем окончательную формулу для расчета угловой высоты детекторов:

$$\alpha = \beta = \operatorname{arctg} \left( \frac{k + \sqrt{k^2 - 4dm}}{2d} \right). \quad (4)$$

Рассмотренный выше случай актуален при условии равенства высот обоих детекторов над уровнем моря. Данное условие редко выполняется в реальной жизни, и потому приходится вводить поправку. Так, если пункт П1 выше П2 на величину  $l$ , то угловая высота  $\alpha_1$  может быть рассчитана по формуле

$$\alpha_1 = \operatorname{arctg} \left( \frac{2(H - l)}{d} \right), \text{ где } H = \frac{d \operatorname{tg} \alpha}{2}. \quad (5)$$

Отметим, что достижение идеальной конфигурации детекторов вовсе не является необходимым условием: применяемое программное обеспечение способно автоматически учитывать все погрешности, внося соответствующие поправки без какого-либо ущерба для конечного результата. Единственным неприятным моментом может быть малое количество базисных метеоров, если поле общего зрения обоих приемников невелико по причине неправильной ориентации последних. В случае задействования трех и более наблюдательных станций потребуются дополнительные расчеты.

### Источники ошибок и точность измерений

Программное обеспечение *SonotaCo* позволяет получать более 80 параметров для каждого зафиксированного метеора, большинство из которых рассчитывается математически на основании значений яркости и положения объекта в кадре. Качество астротометрии, в свою очередь, определяется суммарным вкладом ряда факторов, основные из которых рассмотрены ниже.

Главными источниками фотометрической погрешности являются тепловой шум ПЗС-матрицы, зависящий от ее температуры, а также шум усилителя и АЦП. Используемая в рамках проекта камера не имеет термостабилизации и датчика температуры сенсора, что исключает возможность теоретического расчета и корректного предварительного вычитания теплового шума из результирующего изображения. Тем не менее среднее значение фона, полученное эмпирически в условиях полной темноты при температуре 23 °С и времени экспозиции 0,04 с, составляет 20 аналого-цифровых единиц, или около 10 % от эффективной емкости пикселей. Полученное значение эквивалентно фотометрической погрешности 0<sup>m</sup>,35, однако может изменяться в зависимости от настроек камеры и усилителя. Следует заметить, что используемое программное обеспечение способно эффективно анализировать и учитывать фотометрические помехи, снижая их влияние на конечный результат.

Астрометрическая точность в основном определяется разрешением ПЗС-детектора, применяющегося в ходе наблюдений. Камера *Watec Wat-902H2 Ultimate* оборудована сенсором, имеющим разрешение 570 ТВЛ, что соответствует разрешению 720×576 пикс на цифровом изображении. Варифокальный объектив позволяет изменять поле зрения в широких пределах, однако принятая в проекте ширина поля зрения 58° обеспечивает масштаб изображения 4,83'/пикс. Данное значение является минимальным теоретическим пределом погрешности для односторонней астрометрии, но может быть снижено в случае базисных наблюдений пропорционально числу наблюдательных пунктов.

Интересной особенностью рассматриваемого комплекса является возможность географического позиционирования метеорного трека, весьма полезная в решении задач поиска вероятных метеоритов. Ошибка позиционирования пропорциональна числу наблюдательных пунктов и зависит от точности определения географических координат каждого пункта, разности хода часов между ними и разрешения используемых ПЗС-камер. Минимальная погрешность для систем GPS, использующихся для определения координат наблюдательных пунктов, не превышает 20 м. Максимальная разность хода часов при использовании протокола NTP<sup>5</sup> и сервера времени первого уровня – 1 с, что на широте 52° даст ошибку 45 м за счет суточного вращения Земли. Основной вклад в ошибку географического позиционирования метеора вносит относительно невысокая точность астрометрии: при

---

<sup>5</sup> *Network Time Protocol* – сетевой протокол, применяющийся для синхронизации внутренних часов компьютера в сетях с переменной латентностью.

угловом масштабе изображения 4,83'/пикс и средней высоте загорания метеора 100 км линейный масштаб равен 70 м/пикс, что дает минимальную погрешность позиционирования, равную 70 м.

### Выводы

Разрабатывая проект *SkyLine*, авторы стремились создать максимально надежный и эффективный инструмент, позволяющий качественно решать широкий круг задач, присущий не только метеорной астрономии, но также смежным областям. Аппаратное и программное обеспечение, созданное на основе современных технологий и последних знаний в области метеорной астрономии, позволяет использовать его для поиска ответов на самые актуальные вопросы современной науки, в число которых входят астероидно-кометная опасность, рождение и эволюция солнечной системы, гравитационное влияние планет на эволюцию метеорного шлейфа, динамика метеорных потоков, взаимодействие метеорных частиц с атмосферой, строение и физические свойства верхней атмосферы Земли и влияние солнечной активности на ее характеристики. Эти и другие задачи могут быть успешно решены при условии получения большого количества наблюдательных данных.

В августе 2014 г. были проведены пробные базисные наблюдения метеорного потока Персеид, результаты которых убедительно доказали высокую эффективность комплекса и будут подробно описаны в следующих работах.

### Список литературы

1. *Астапович И. С.* Метеорные явления в атмосфере Земли / И. С. Астапович. – М. : Физматгиз, 1958. – 634 с.
2. *Астапович И. С.* О некоторых метеорных методах исследования стратосферы // *Астрон. журн.* – 1939. – № 16. – С. 23–41.
3. *Бабаджанов П. Б.* Метеороидные рои: образование, эволюция, связь с кометами и астероидами / П. Б. Бабаджанов, Ю. В. Обрубов // *Астрон. вестн.* – 1991. – Т. 25, № 4. – С. 387–407.
4. *Дуккерт П.* Распространение волн взрывов в атмосфере / П. Дуккерт. – М. : Гостехиздат, 1934. – 71 с.
5. *Ловелл А.* Метеорная ионизация и атмосферные аномалии // *УФН* 41. – 1950. – № 1. – С. 9–42.
6. *Митра С. К.* Верхняя атмосфера / С. К. Митра. – М. : Иностр. лит., 1955. – 640 с.
7. *Розенберг Г. В.* Спектры метеоров / Г. В. Розенберг // *Успехи физ. наук* 46. – 1952. – № 1. – С. 131–133.
8. *Шефов Н. Н.* Излучение верхней атмосферы – индикатор ее структуры и динамики / Н. Н. Шефов, А. И. Семенов, В. Ю. Хомич. – М. : ГЕОС, 2006. – 741 с.
9. *Chapman S.* Geomagnetismus / S. Chapman. – Oxford, 1940. – Vol. 1–2. – 149 p.
10. *Kulper G.* The Earth as a planet / G. Kulper. – Chicago : Univ. Chicago Press, 1954. – 751 p.
11. *Hasegawa I.* Tentai Kidou Ron (Determination of Orbits) / I. Hasegawa. – Tokyo : Kouseisha Kouseikaku, 1982. – 253 p.
12. SKY2000 [Electronic resource] // *Star Catalog.* – URL: <http://tdc-www.harvard.edu/catalogs/sky2k.html>.

## ***SkyLine* – the Multi-Purpose Meteor Observation Project**

K. I. Ivanov, E. S. Komarova

*Irkutsk State University*

**Abstract.** Against the relevance of meteoric astronomy which increased in recent years there was a need of carrying out the high-quality supervision capable to give the maximum quantity of information both on separate meteoric particles, and about streams which they enter. This situation is caused by potential possibility of received results use for research of the Earth's top atmosphere, and also clearing a number of questions concerning formation and evolution of the planet.

Among of meteors research methods the special place is taken by video surveillances as the most informative and rather simple in realization. In 2014 efforts of authors developed and successfully tested the hardware-software complex allowing a message continuous video surveillances and to receive exhaustive data on behavior of meteoric particles in the atmosphere and space. At this work the main data on the technical device, a program component, and also the principles of receiving and information processing are submitted.

With the project were carried out observations of the Perseids meteor shower. Both the camera at a distance of 155 km to work every night from 5 to 15 August 2014. 886 result meteor registrations were received, of which 150 – basis. The analysis revealed six major meteor stream, but as the observations were carried out during the Perseids, then 80 % of the meteors belong precisely to this thread. According to the results of basic observations were calculated radiant, speed, altitude sunbathing meteor particles orbital parameters, and others. In total, the program provides information on 80 parameters, astrometry and photometry of error is 10 % on average.

**Keywords:** equipment, meteor, meteors video surveillances, basic supervision, photometry, astrometry.

*Иванов Кирилл Ильич*  
научный сотрудник, астрономическая  
обсерватория  
Иркутский государственный университет  
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1  
тел.: (3952) 27-12-94  
e-mail: [ivorypalace@gmail.com](mailto:ivorypalace@gmail.com)

*Ivanov Kirill Ilich*  
Researcher, Astronomical Observatory  
Irkutsk State University  
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003  
tel.: (3952) 27-12-94  
e-mail: [ivorypalace@gmail.com](mailto:ivorypalace@gmail.com)

*Комарова Евгения Сергеевна*  
научный сотрудник, астрономическая  
обсерватория  
Иркутский государственный университет  
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1  
тел.: (3952) 27-12-94  
e-mail: [eskomarik@gmail.com](mailto:eskomarik@gmail.com)

*Komarova Evgeniya Sergeevna*  
Researcher, Astronomical Observatory  
Irkutsk State University  
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003  
tel.: (3952) 27-12-94  
e-mail: [eskomarik@gmail.com](mailto:eskomarik@gmail.com)