

СТРУКТУРА ДАННЫХ КОСМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА «ЛИРА-Б» И КРУГ РЕШАЕМЫХ В НЁМ ПРОБЛЕМ

**Захаров А.И., Жуков А.О., Миронов А.В., Прохоров М.Е.,
Стекольников О.Ю., Тучин М.С.**

ГАИШ МГУ, Москва, Россия

mike@sai.msu.ru

"LYRA-B" DATA STRUCTURE AND PROBLEMS SOLVED IN THE EXPERIMENT

**Zakharov A.I., Zhukov A.O., Mironov A.V., Prokhorov M.E.,
Stekolshchikov O.Yu., Tuchin M.S.**

SAI MSU, Moscow, Russia

The structure of observational data that will be obtained in the forthcoming space experiment "Lyra-B" is considered. The limitations imposed by the ISS are presented. The directions of stellar astronomy in which the data of "Lyra-B", high-precision multicolor homogeneous photometry of stars, can be used are discussed.

В настоящее время в ГАИШ МГУ ведется разработка космического эксперимента «Ли́ра-Б». Для его проведения на борту Российского сегмента МКС предполагается установить 0,5-м телескоп. Задачей этого космического эксперимента (КЭ) является обзор всех небесных объектов (в основном звезд и астероидов) от примерно 3^m до 16^m – 17^m и фона неба в видимом, УФ и ближнем ИК диапазонах. Основной целью проведения эксперимента является создание высокоточного и однородного многоцветного каталога звездных фотометрических стандартов, в который войдут непременные звезды. Ожидается, что погрешность фотометрии непременных звезд в каталоге (в полосе V) будет составлять не хуже $0,001^m$ для звезд от 3^m до 12^m и не хуже $0,01^m$ для звезд от 12^m до 16^m . Длительность КЭ – 3,5–5 лет.

Основным инструментом КЭ «Ли́ра-Б» является телескоп системы Риччи–Кретьена с линзовым афокальным компенсатором. Диаметр главного зеркала – 0,5 м, фокусное расстояние – 3 м, исправленное поле зрения – 2° , неввиньетированное поле зрения – $1,5^\circ$, ширина полосы сканирования – 1° . Диаметр телескопа определяется размерами люков МКС. Более подробное, но несколько устаревшее описание КЭ «Ли́ра-Б» приведено в работе [1].

Телескоп будет вести наблюдения в сканирующем режиме. Сканирование производится за счет орбитального движения МКС. При движении по орбите МКС сохраняет так называемую «орбитальную ориентацию», в которой одна сторона станции всегда обращена к Земле, а ось направлена вдоль орбиты. Телескоп устанавливается на противоположной Земле стороне неподвижно относительно МКС. При движении станции по орбите поле зрения инструмента описывает на небе полосу, ширина которой определяется при-

емником излучения, размещенным в фокальной плоскости, и составляет 1° . Если расположить ось визирования инструмента в плоскости орбиты станции, то она будет описывать на небесной сфере большой круг, наклоненный к плоскости небесного экватора на 51.6° (равный наклонению орбиты МКС). Орбита МКС прецессирует вокруг оси вращения Земли с сохранением наклона к плоскости экватора. Период прецессии составляет около 70 дней. За один орбитальный оборот МКС ее орбита смещается приблизительно на 0.3° , т.е. при сканировании в плоскости орбиты объекты наблюдаются не менее чем на трех последовательных оборотах.

Наблюдения в плоскости орбиты МКС позволяют измерять объекты с $|\delta| < 52^\circ$. При этом области вблизи полюсов мира останутся незатронутыми. Для их наблюдения необходимо отклонить ось визирования телескопа на 38.4° к югу или северу. При этом на каждом обороте полоса сканирования будет проходить через соответствующий полюс мира, а при максимальном удалении от полюса – пересекать экватор. Сочетание трех указанных режимов достаточно для наблюдения всей небесной сферы.

Правильный выбор ориентации телескопа относительно МКС и установка на нем достаточно эффективной бленды позволяют вести наблюдения в среднем в течение 75% времени (без учета внекорабельной деятельности экипажа МКС), в остальное время этому будет мешать засветка от Солнца. Моделирование показало, что положение телескопа надо изменять примерно раз в месяц. При этом за один год наблюдений среднее покрытие неба составляет 20 раз (при этом число наблюдений полюсов доходит до 1000), за 5 лет – 100 раз.

Геометрические размеры (предварительные) области фотоприемников фокальной плоскости определяются размером исправленного поля зрения телескопа и составляют 54×54 мм. В этой области размещаются 11 пар ПЗС-матриц с различными фильтрами фотометрической системы «Ли́ра». Геометрический размер каждой матрицы (с учетом технологических зазоров) составляет 27×3.6 мм. При размере пикселя 12 мкм каждая матрица будет содержать 2250×300 пкс. Сканирование ведется в режиме TDI вдоль короткой стороны матрицы. Прохождение изображения по матрице занимает примерно 1 с. Вид фокальной плоскости показан на Рис. 1.

Возможно, к каждой матрице шириной 300 пкс для регистрации ярких звезд будет добавлена матрица размером 2250×3 пкс с тем же оптическим покрытием.

На изображениях с наиболее чувствительной первой пары панхроматических матриц будут выделяться объекты. По этим данным предсказываются положения и моменты появления изображений этих объектов на остальных фотометрических матрицах. На них будет считываться и записываться фрагмент, содержащий изображение объекта (9×9 пкс. или больше). Между эти

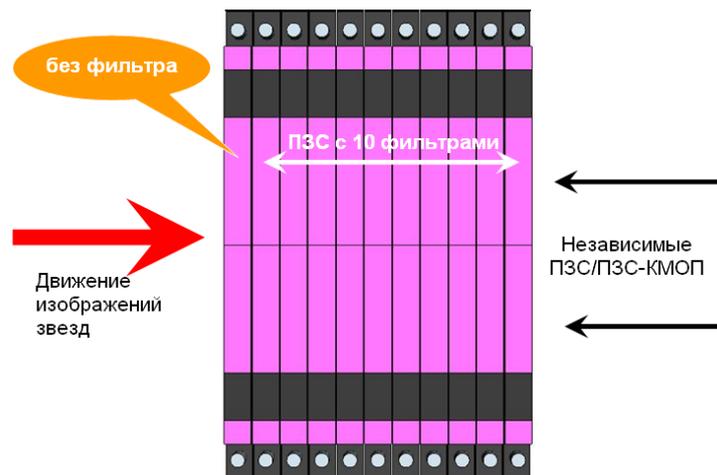


Рис. 1. Устройство фокальной плоскости «Лиры-Б».

ми фрагментами будут накапливаться сигналы фона неба – по 100–150 пкс. вдоль столбцов или строк ПЗС.

В Таблице 1 приведены данные о фотометрической системе «Лиры» и о предельных величинах (обеспечивающих заданную точность фотометрии) и о переполнении пикселя в каждой полосе. Все величины рассчитаны для звезды спектрального класса A0V. Таким образом, в КЭ «Лиры-Б» будут наблюдаться звезды до 18.4^m в «белом свете» и до 16.9^m и 16.1^m в фильтрах *B* и *V*. УФ-полосы 195, 218, 270 нм позволяют наблюдать полосу межзвездного поглощения, полосы 350, 440, 555, 700 нм совпадают со стандартными *WBVR*, 825 и 930 нм ложатся на полосы H_2O и TiO . Полоса 1000 нм, возможно, будет заменена.

В наблюдениях звезд, в КЭ «Лиры-Б», присутствуют три временные шкалы. Самая короткая шкала связана с последовательным прохождением изображения звезды по 11 ПЗС-матрицам в фокальной плоскости. Интервал между прохождениями по соседним матрицам около 1 с. Средняя шкала связана с наблюдениями объекта на последовательных витках орбиты МКС. Интервал между наблюдениями – 90 мин. Объекты наблюдаются три или более раз подряд. Самая длинная шкала связана с повторным попаданием объекта в полосу сканирования. Она не является строго периодической, так как зависит от графика переключений телескопа. Характерный временной масштаб – порядка месяца.

«Лиры-Б» не сможет выдавать алерты. Это связано со способом передачи данных с МКС на Землю. На борту отсутствуют широкополосные каналы связи с Землей, поэтому данные наблюдений будут записываться на носитель (SSD-диск) и доставляться на землю при возвращении космонавтов. Реагировать на алерты «Лиры» также не будет – минимальное время изменения программы наблюдений составляет 3 суток.

МКС подвержена низкочастотным угловым вибрациям с амплитудами до $10''$. Для их компенсации служит система стабилизации изображения.

Таблица 1. Фотометрические полосы, предельные и переполняющие величины обзора «Лиры-Б».

λ_0 (нм)	$\Delta\lambda$ (нм)	Слабейшие объекты за 1 наблюдение		Переполнение пикселей ПЗС	
		0.01 ^m (1%)	0.1 ^m (10%)	300 пкс	3 пкс
195	20	8.96	13.58	6.02	1.07
218	20	8.93	13.56	6.00	1.05
270	25	9.15	13.77	6.22	1.27
350 (W)	50	10.47	15.10	7.54	2.59
440 (B)	100	12.48	16.91	8.80	3.85
550 (V)	80	11.67	16.10	7.99	3.04
700 (R)	80	10.72	15.02	6.61	1.66
825	80	9.73	14.03	5.62	0.67
930	80	8.67	12.87	4.25	-0.70
1000	100	7.68	11.89	3.26	-1.70
Панхром	–	14.16	18.36	9.74	4.79

«Лиры» даст большой объем данных, к их обработке надо подготовиться заранее. Основной задачей команды КЭ будет построение каталога фотометрических стандартов. Но, помимо этого, есть много других задач, которые можно будет решить с помощью данных КЭ «Лиры-Б». Вот некоторые из этих направлений: переменные звезды и транзиенты; астрометрия (в узком поле с точностью Hipparcos или чуть лучше – «не Gaia»); классификация звезд; металличность звезд; межзвездное поглощение и его закон (по УФ и по фону); межзвездная среда; неразделенные двойные и кратные звезды; стандартные свечи – структура Галактики; астероиды (астрометрия и фотометрия); спутники планет, зодиакальный свет и т.д.

Для решения некоторых и перечисленных задач необходимо внести изменения в параметры аппаратуры «Лиры» – это ещё можно сделать!

Мы ждем предложений о конкретных направлениях «дополнительных» исследований данных «Лиры». А в дальнейшем это должно перерасти в подготовку к приему и быстрой (в течение года) обработки данных эксперимента.

Литература

1. Захаров А.И., Миронов А.В., Прохоров М.Е. и др. Космический эксперимент «Лиры-Б»: цели и принципы реализации // Астрон. журн. Т. 90. С. 223–241. 2013.