

1. Техническая документация: STM32F103x8 // электронный ресурс http://www.st.com/content/st_com/en/products/microcontrollers/stm32-32-bit-arm-cortex-mcus/stm32f1-series/stm32f103/stm32f103c8.html.
2. Техническая документация: Справочное руководство STM32F101xx, STM32F102xx, STM32F103xx. ред. 16, ноябрь 2015, 1137 с. // электронный ресурс http://www.st.com/resource/en/reference_manual/cd00171190.pdf.
3. Техническая документация: STM32 ядро для среды разработки Arduino IDE Arduino_STM32 // электронный ресурс https://github.com/rogerclarkmelbourne/Arduino_STM32.
4. Техническая документация: Flash Loader Demonstrator // электронный ресурс http://www.st.com/resource/en/data_brief/flasher-stm32.pdf.

УДК 535.3+528.88

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «КАЛИБРОВКА» ДЛЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ НАЗЕМНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Катковский Л.В., Станчик В.В., Крот Ю.А., Беляев Ю.В., Доморацкий А.В.,
Силюк О.О., Литвинович Г.С.

*Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем
им. А.Н. Севченко» Белорусского государственного университета
Минск, Республика Беларусь*

В ходе работ по программе «Мониторинг-СГ» (тема «Калибровка») был разработан и изготовлен аппаратно-программный комплекс (АПК), включающий серию спектральных приборов, предназначенных для оснащения наземных полигонов с целью калибровки авиакосмических средств дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), верификации и повышения надежности дешифрирования данных ДЗЗ путём интеграции данных космического, авиационного и наземного сегментов.

АПК «Калибровка» включает пять спектро-радиометров, покрывающих в совокупности спектральный диапазон 0,4 – 2,5 мкм и позволяющих измерять угловые зависимости спектров отражения подстилающих поверхностей, прямого и рассеянного атмосферой солнечного излучения.

АПК конструктивно состоит из следующих модулей:

1) Фотоспектрорадиометр ФСР высокого разрешения на диапазон 400 - 900 нм, снабженный цифровой покадровой видеосистемой и синтезом изображений и спектров и предназначенный для измерения спектральных отражательных характеристик всех типов природных поверхностей полигонов (тестовых площадок) в наземных условиях и с борта авиационных носителей.

2) Двухканальный модульный спектро-радиометр ДМС 400-900 нм, предназначенный для одновременного измерения яркости отраженного излучения от подстилающей поверхности и освещенности (потока) падающего излучения с верхней полусферы.

3) Портативный модульный спектро-радиометр на область 800-1500 нм ПСР-700 для измерения спектральных отражательных

характеристик поверхностей.

4) Портативный модульный спектро-радиометр на область 1200-2500 нм ПСР-1300 для измерения спектральных отражательных характеристик поверхностей.

Перечисленные четыре прибора предназначены для измерения в наземных стационарных условиях (а также с вышек и подвижных средств) спектральных характеристик отражения тестовых участков природных, искусственных и антропогенных объектов

5) Сканирующий солнечный спектро-поляри-метр на область 350-950 нм ССП-600 для измерения прямого солнечного и рассеянного атмосферой под различными углами излучения.

6) Комплект специальных насадок для обеспечения измерений:

- коэффициентов спектральной яркости,
- поляризационных характеристик,
- спектрального альбеда;

7) Специальное программное обеспечение (СПО) управления, хранения и обработки данных.

На протяжении последних двух лет проводятся натурные испытания приборов ФСР, ДМС, ПСР-700, ПСР-1300 и ССП-600. при измерениях спектральных характеристик объектов на наземном уровне. Полигонами для проведения натуральных испытаний являются Курский аэрокосмический полигон (2015-2016 гг.) (рис.1), острова Курильской гряды (2015 г., острова Итуруп, Уруп, Чирпой, Симушир, Ушишишир, Шиашконтан, Чиринкотан, Харимкотан, Онекотан, Атласова), территория полуострова Камчатка (2016 г., подножия вулканов Ильинский, Ходутка, Ксудач) Данные полигоны обладают объектами с приемлемыми характеристиками для

проведения спектральных измерений. А именно, на данных полигонах присутствуют протяженные, однородные объекты. Особенностью подстилающих поверхностей на островах Курильской гряды и полуострова Камчатка является отсутствие антропогенных факторов, влияющих на их оптические характеристики. В качестве объектов для проведения измерений на Курском аэрокосмическом полигоне в основном были выбраны участки с/х культур, а также естественной растительности в Центрально-черноземном заповеднике.



Рисунок 1 – ПСР-700, ПСР-1300, ДМС и управляющий компьютер, установленные на безтеновом полевом штативе (кронштейне), Предварительные натурные испытания АПК «Калибровка» (Курск, май 2016 г.)

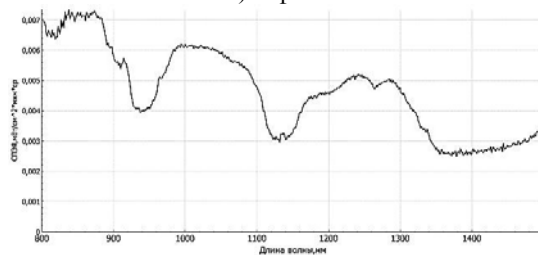
Натурные испытания АПК на тестовых полигонах и проведение измерений на наземном уровне позволили определить степень надежности и стабильности системы при проведении измерений. Основные измерения были проведены в режиме одиночного кадра.

Полигонные измерения позволяют создать базы сопряженных спектральных данных, фотоизображений объектов и их биогеофизических характеристик. Также полигонные исследования на трех уровнях позволяют решить важнейшую задачу пространственной интеграции элементов ландшафтов при различном пространственном разрешении систем ДЗЗ.

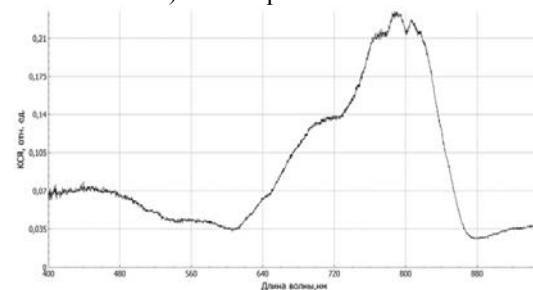
На рисунках 2-3 представлены некоторые результаты натурных испытаний.



а) – фото



б) – спектр ПСР-1300

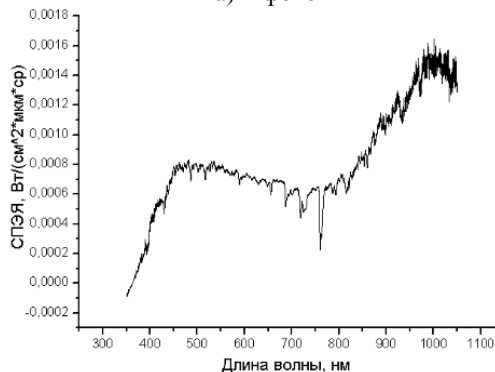


в) спектр ДМС

Рисунок 2 – Степь косиная выпасаемая, Курский аэрокосмический полигон, 2016 год



а) – фото



б) – Спектр, ФСР

Рисунок 3 – О. Атласова Курильской гряды, вулканические гравистые пески с редкой слабоокатанной галькой, 2015 год