

УДК 535.243+543.424

ПОРТАТИВНЫЙ АЛЬБЕДОМЕТР ДЛЯ РАБОТЫ В УДАЛЕННЫХ РАЙОНАХ
Литвинович Г.С., Бручковский И.И., Ломако А.А., Хомицевич А.Д., Домарацкий А.В.

НИУ «Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко» БГУ
Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Описывается конструкция портативного альбедометра, предназначенного для измерения альбедо подстилающей поверхности в диапазоне 400–900 нм. Альбедометр построен на базе двух компактных спектрометров собственной разработки, размещенных в одном корпусе. Система освещения входной щели каждого из спектрометров в составе своего объектива имеет косинусную насадку, которая позволяет регистрацию оптического сигнала из соответствующей полусферы. В работе представлены первые результаты измерений альбедо различных вулканических пород в районе Курильских островов.

Ключевые слова: альбедометр, косинусная насадка.

PORTABLE ALBEDOMETER FOR OPERATION IN REMOTE AREAS
Litvinovich H., Bruchkouski I., Lamaka A., Khomitsevitch A., Domaratskii A.

A.N. Sevchenko Institute of Applied Physical Problems of Belarusian State University
Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The design of a portable albedometer for the albedo measurements of the underlying surface in the range of 400–900 nm is described. The albedometer is built on the base of two compact spectrometers of our own design, placed in one housing. The illumination system of the entrance slit of each of the spectrometers has a cosine attachment as part of its lens, which allows recording the optical signal from the corresponding hemisphere. The paper presents the first results of the albedo measurements of various volcanic rocks in the area of the Kuril Islands.

Key words: albedometer, cosine corrector.

Адрес для переписки: Литвинович Г.С., ул. Курчатова, 7, Минск 220045, Республика Беларусь
e-mail: litvinovichgs@yandex.by

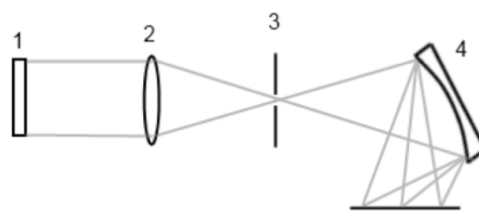
Альбедо подстилающей поверхности является входной переменной для работы моделей переноса излучения, которые применяются для численных расчетов многих геофизических параметров. В этой связи, существует необходимость производить измерения альбедо различных подстилающих поверхностей, в том числе в удаленных районах. Как правило, выпускаемые промышленностью альбедометры не предназначены для походных условий, а также не способны измерять альбедо в различных спектральных каналах и ограничиваются интегральной характеристикой [1, 2]. Поэтому, существует необходимость в разработке портативных альбедометров, позволяющих измерять альбедо поверхности со спектральным разрешением, превосходящем ширину канала спутниковых сенсоров.

По определению, альбедо поверхности на длине волны λ вычисляется как отношение интенсивности отраженного $I_{отр}$ от поверхности излучения на длине волны λ к интенсивности падающего $I_{пад}$, по формуле

$$p(\lambda) = \frac{I_{отр}(\lambda)}{I_{пад}(\lambda)}. \quad (1)$$

Для проведения измерений альбедо подстилающей поверхности в диапазоне 400–900 нм, сотрудниками НИИПФП был разработан портативный альбедометр на базе двух идентичных малогабаритных спектрометров. Каждый из спек-

трометров построен по схеме Роуланда с вогнутой голографической дифракционной решеткой 4 (рис. 1). В качестве детектора 5 используется неохлаждаемая ПЗС-линейка Toshiba TCD1304, состоящая из 3648 активных пикселей и 13 пикселей, конструктивно изолированных от света, что позволяет впоследствии вычитать электронную подставку, вызванную электрической обвязкой и собственным шумом детектора. Фактическое спектральное разрешение готовых спектрометров составило 3,6 нм.



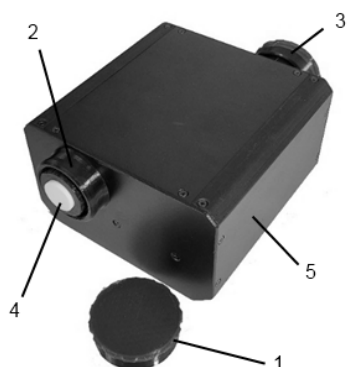
1 – косинусная насадка; 2 – линза; 3 – входная щель;
4 – вогнутая дифракционная решетка; 5 – детектор

Рисунок 1 – Оптическая схема спектрометра

Линзы 2 спектрометров изготовлены из стекла марки К-8 и имеют фокусное расстояние 100 мм. Корпус объектива изготовлен из полимерных материалов. Для возможности регистрации излучения, приходящего из верхней/нижней полусферы применяется косинусная насадка 1. Косинусная насадка 1 и ее крепление изготовлены таким образом, чтобы излучение попадало в том числе и на

боковую грань насадки, что обеспечивает требуемую косинусную характеристику системы освещения входной щели.

Время накопления сигнала для каждого спектрометра может принимать значения от 15 до 2000 мс. Априорно известно, что породы вулканического происхождения имеют альbedo в пределах 0,04–0,2, и с учетом различной освещенности от верхней и нижней полусферы изготавливались фторопластовые косинусные насадки 4 различной толщины: 0,25 мм для нижнего канала и 0,75 мм для верхнего (рис. 2). Защиту косинусных насадок 4 от механических воздействий, обеспечивал колпачок 1.



1 – защитный колпачок; 2 – верхний канал;
3 – нижний канал; 4 – косинусная насадка;
5 – корпус

Рисунок 2 – Внешний вид альбедометра

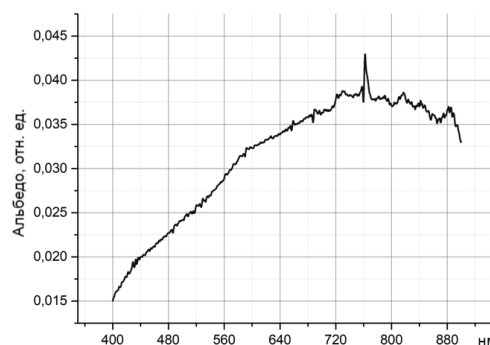
Оба спектрометра закреплены в корпусе 5 таким образом, чтобы оптические оси объективов были параллельны и направлены в противоположных направлениях. В связи с использованием колпачков различной толщины, а также различием в юстировке спектрометров, в формулу (1) требуется введение корректирующего коэффициента $k(\lambda)$:

$$p(\lambda) = \frac{I_{\text{omp}}(\lambda) \cdot k(\lambda)}{I_{\text{nad}}(\lambda)}. \quad (2)$$

Коэффициент $k(\lambda)$ получается путем поочередной регистрации каждым каналом излучения источника спектральной плотности энергетической освещенности на одинаковой экспозиции и последующего деления полученных сигналов на соответствующих длинах волн.

В период с 27.07.2022 по 23.08.2022 сотрудниками НИИ ПФП проводились работы по получе-

нию массива данных по предметно-специфическим признакам и спектральным характеристикам участков в сейсмически и вулканически активных зонах, расположенных на Северных Курильских островах (рис. 3).



1 – альбедометр; 2 – опора; 3 – тренога;

Рисунок 3 – Процесс измерений (сверху) и соответствующее альбедо поверхности (снизу)

Выводы. Разработанный альбедометр успешно применялся в условиях экспедиции, в результате чего был получен массив спектральных характеристик подстилающих поверхностей в сейсмически и вулканически активных зонах. Для корректного вычисления альбедо необходимо обеспечивать синхронность регистрации сигнала от обоих каналов, что было реализовано программным обеспечением собственной разработки. Калибровки для нахождения корректирующего коэффициента $k(\lambda)$ проводилась в условиях лаборатории.

Литература

1. Spectrafy Inc. [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.spectrafy.com/products/solarsim-alb>. – Date of access: 30.09.2022.
2. Hukseflux Thermal Sensors BV [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.hukseflux.com/>. – Date of access: 30.09.2022.