

ИЗЛЪЧВАТЕЛНА СПОСОБНОСТ НА СМЕСЕНИ КЛАСОВЕ ПЕТРОГРАФСКИ ОБРАЗЦИ

М. Данов¹, В. Цанев²

¹ Централна лаборатория по Слънчево-земни въздействия, БАН, 1113 София, България

² Институт по Електроника, БАН, 1784 София, България

РЕЗЮМЕ. В оптичните дистанционни изследвания се регистрира разсеяното слънчево лъчение от обектите или собственото им топлинно излъчване. В ъгъла на зрение на използвания прибор обикновено попадат няколко обекта с различни физични и оптични свойства. Наблюдава се т.нар. смесен спектрален клас. Настоящата работа изследва собственото излъчване на смесени класове петрографски образци в лабораторни условия. Проведени са измервания с радиометър IR-1, който регистрира яркост в обхвата 8-12 μm. Разработен е метод за определяне на полусферичната излъчвателна способност и е приложен върху комбинации от двойки образци в различни съотношения. Смесването е изотермично, като в отделни случаи се наблюдават отклонения. Експерименталната установка се усъвършенства за изследване на това отклонение.

THERMAL EMISSION OF SAMPLES OF ROCK MIXTURES

М. Danov¹, V. Tzanev²

¹ Solar-Terrestrial Influence Laboratory, BAS, 1113 Sofia, Bulgaria

² Institute of Electronics, BASc, 1784 Sofia, Bulgaria

ABSTRACT. Optical remote sensing registers scattered solar emission of objects or their thermal radiation. In the angle of vision of the apparatus usually several objects with different physical and optical properties are captured. The so called spectral mixture is observed. The present work investigates thermal emission of rock mixtures in laboratory conditions. Measurements by radiometer IR-1 are made, registering brightness in the range 8 - 12 μm. A method of specifying hemispherical emissivity is developed. It is applied to various combinations of binary ensembles with different ratio of the sample areas. The mixing of the different samples is isothermal with deviations in some cases. The experimental setup is being improved for further investigation of this deviation.

Въведение

Земната повърхност излъчва интензивно инфрачервено лъчение, съсредоточено в спектралния интервал от 8 до 12 μm. В същия диапазон всички петрографски видове могат да бъдат разглеждани като непрозрачни и грапави тела. От гледна точка на дистанционните изследвания (ДИ), излъчвателната способност $\epsilon(\lambda)$ е основна характеристика на обектите. (Мишев, 1985; Свейн и Дейвис, 1983).

В ранните ДИ се е приемало, че всеки пиксел от изображението е запълнен с еднороден обект. По-реална е ситуацията, при която в рамките на пиксела попадат няколко типа обекти с различни оптични и физични свойства. Доказано е, че сумарната им отражателна характеристика във видимия диапазон може да бъде разглеждана като суперпозиция на съответстващите на обектите в пиксела отражателни характеристики. Въведен е терминът "смесен спектрален клас" (Мишев, 1979).

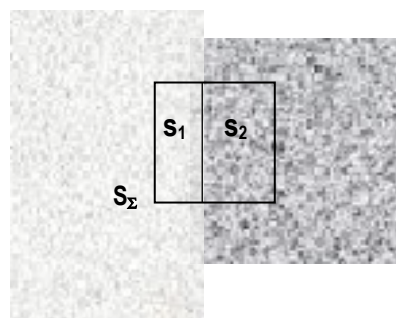
За правилната интерпретация на спътниковите данни, както и за отчитане на влиянието на атмосферата бяха проведени лабораторни изследвания на полусферичната излъчвателна способност $\epsilon(\lambda, 2\pi)$ на двойки петрографски образци при различни съотношения.

Смесен спектрален клас

Работната хипотеза е, че полусферичната излъчвателна способност $\epsilon_{\Sigma}(\lambda, 2\pi)$ на смесен клас от двойка петрографски образци може да се опише подобно на сумарната му отражателна характеристика във видимия диапазон (Мишев и др., 1987), а именно:

$$\epsilon_{\Sigma} = p_1 \epsilon_1 + p_2 \epsilon_2, \quad (1)$$

където коефициентите p_1 и p_2 представляват отношения на площите s_1 и s_2 спрямо общата площ на пиксела S_{Σ} (фиг.1). Прието е те да се наричат проективни покрития.



Фиг. 1. Смесен клас от двойка петрографски образци

Избор на образците и техните свойства

За провеждането на изследванията бяха използвани четири образеца от често срещани в страната ни скали. Всеки от тях е оформен така, че да има сравнително равна повърхност с площ над 200 cm² и поне една права страна към която се допира същата на другия образец. Така става възможно да се оформи една обща повърхност с минимален процеп между тях и по този начин да попадат с различно проективно покритие в зрителния ъгъл на радиометъра.

Следва кратко описание на изследваните скали (Атанасов и др., 1984) :

Варовик – светъл, бледожълтеникав бигор от вторично прекристализиран калцит. Образува се в съвременни условия около източници на минерални води.

Гранит – изследваният образец е нормален тип, средно-зърнест.

Мрамор – светло сив с почти изохимичен характер. В естествени условия се наблюдава при контактните зони около всяко внедрено интрузивно тяло.

Гнайс – отнася се към метаморфните скали с висока степен на регионален метаморфизъм. Образуван е от глинести седиментни скали. Типоморфни минерали са: К-фелдшпат, кисел до среден плагиоклаз, кварц, биотит, мусковит, амфибол и понякога пироксени. Изследваният образец е тъмно зелен.

Метод за определяне на полусферичната излъчвателна способност

Експерименталните изследвания са извършени в Лаборатория "Оптична радиометрия" на Института по Електроника при БАН. Там след подробно обсъждане на възможните варианти, бе възприета като най-удачна експерименталната постановка "box method" на Combs ("метод на огледалната обвивка") (Sobrinho and Caselles, 1993). Методът се основава на следните три независими измервания на ефективната яркост $L(\lambda, T, 2\pi)$:

1. Радиометърът наблюдава повърхността на изследвания обект с температура T_s и излъчвателна способност $\epsilon_s(\lambda, 2\pi)$ в огледално обкръжение - резултатът е L_1 .
2. Радиометърът наблюдава повърхността на изследвания обект, облъчена с абсолютно черно тяло (АЧТ) с температура T_{bb} - резултатът е L_2 .
3. Радиометърът наблюдава огледална повърхност, облъчена със същото АЧТ - резултатът е L_3 .

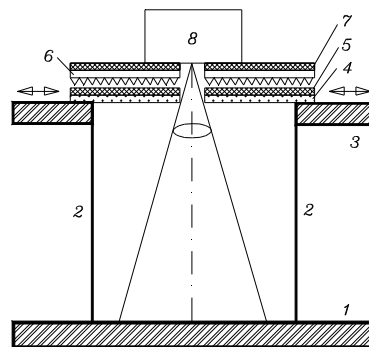
С помощта на тези три стойности на яркостта можем лесно да намерим излъчвателната способност $\epsilon_s(\lambda, 2\pi)$ от зависимостта:

$$\epsilon_s = (L_1 - L_2) / (L_3 - L_1) \quad (2)$$

Схема на разработеното експериментално приспособление за измерване на излъчвателна способност е показана на Фиг. 2.

Върху изследваната повърхност (1) се поставя цилиндър (2), изработен от неръждаема ламарина с огледално полирана вътрешна повърхност и височина $h = 70$ cm. Диаметърът на цилиндъра е 20 cm. Към горния край е монтирана

носецата конструкция (3), към която се закрепват останалите елементи. Щорите (4) са изработени от същата неръждаема ламарина с огледално полирана вътрешна повърхност. Те могат да се затварят или отварят, като по този начин се осигуряват двете различни фонове облъчвания на (1). Над (4) се намира моделът (6) на АЧТ. Конструктивно това е алуминиева плоча. Върху горната ѝ повърхност е монтиран нагревател. Той я поддържа с постоянна температура в диапазона от 30°C до 45°C при точност $\pm 0.5^\circ\text{C}$ с помощта на електронен блок за термостабилизация. Долната излъчваща повърхност на плочата е със серия концентрични канали с триъгълен профил. Тя е покрита със ситно смлян активен въглен и може да се приеме като модел на АЧТ. Под и над алуминиевата плоча са монтирани топло изолиращите слоеве (5) и (7). Радиометърът IR-1 (8) наблюдава (1) през отворите в (4)-(7). Той е разработен в лаборатория "Оптична радиометрия" на Института по електроника при БАН. Външният вид на радиометъра, монтиран върху приспособлението за изследване на полусферичната излъчвателна способност, е показан на Фиг. 3.



Фиг. 2. Схема на приспособлението за измерване на излъчвателна способност

Величината, която се измерва с IR-1 е ефективна яркост в спектралния обхват от 8 μm до 11.8 μm при пълен плосък ъгъл на зрение 6°. Аналоговият изходен сигнал се измерва с 12-битов АЦП, изпълнен във вид на модул в РС и управляван със съответна програма.



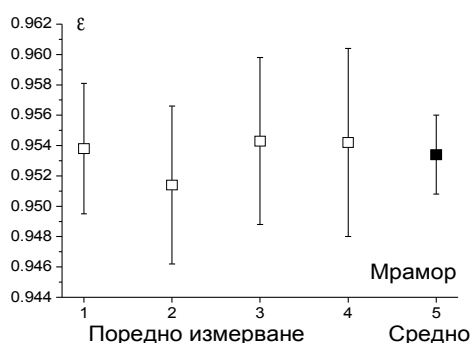
Фиг. 3. Външен вид на IR-1, монтиран върху приспособлението

Самият АЦП позволява осъществяването на 30000 измервания за една секунда, но тази максимална честота се ограничава от необходимостта измерваните стойности да се прехвърлят от модула в оперативната памет и след това да се запишат върху някакъв носител.

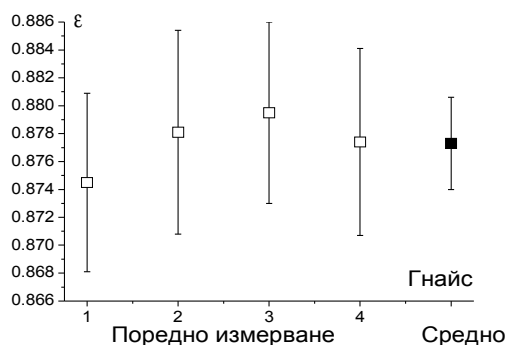
Коректното определяне на излъчвателната способност на изследваните образци изисква поддържането им при постоянна, предварително зададена температура. За целта бяха поставени в дървена кутия с размери 50cm x 70cm x 8cm, запълнена със сух пясък. Върху цялото дъно на кутията бе поставена плътно навита серпентина от медна тръба с вътрешен диаметър 1 cm. През нея тече вода, която е термостабилизирана с помощта на ултра-криостат МК-70 при температура 25°C с точност $\pm 1^\circ\text{C}$

Резултати от измерванията и анализ

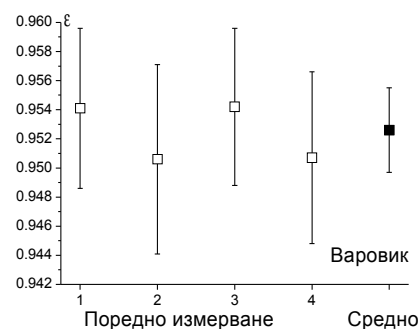
Данни за излъчвателните способности на отделните образци са показани на фиг. от 5.1 до 5.4, като при всяко измерване са изследвани различни части от образца. Следва да се отбележи по-малката излъчвателна способност на полираните образци от неполираните. Теоретично, идеално полираната повърхност е огледална и за нея $\epsilon \equiv 0$, но това не се изпълнява при използваните петрографски образци.



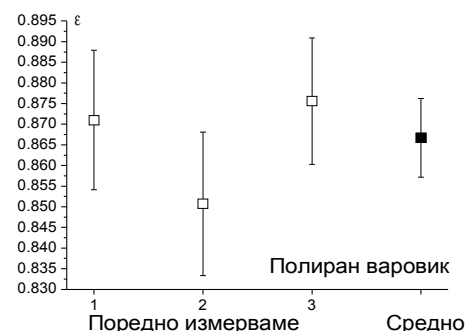
Фиг. 5.1. Резултати от повторните измервания на излъчвателната способност на мрамор – с $\square$ са показани $\epsilon \pm \delta$, а с $\blacksquare$ - средното и стандартното му отклонение



Фиг. 5.2. Резултати от повторните измервания на излъчвателната способност на гнайс. Означенията съвпадат с тези на Фиг. 5.1



Фиг. 5.3. Резултати от повторните измервания на излъчвателната способност на варовик. Означенията съвпадат с тези на Фиг. 5.1



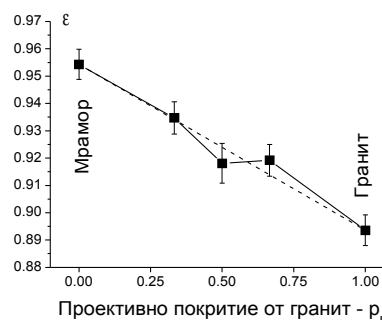
Фиг. 5.4. Резултати от повторните измервания на излъчвателната способност на полиран варовик. Означенията съвпадат с тези на Фиг. 5.1

Смесени класове от два образца са представени на фигури 6.1 и 6.2. По X – оста е нанесено проективното покритие p_i на втория елемент от смесения клас. С плътна линия са означени резултатите от измерванията, а с пунктирна – стойностите на ϵ_{Σ} , пресметнати по формула (1), която е в сила при следните условия:

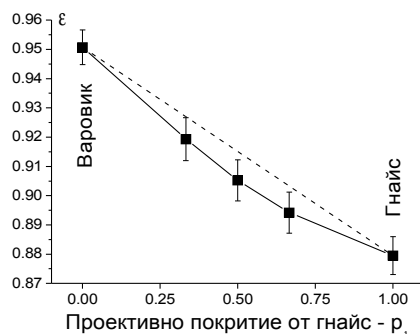
(а) Температурите на двата елемента от смесения клас са еднакви, т.е. при изотермично смесване;

(б) Спектралните зависимости $\epsilon_1(\lambda)$ и $\epsilon_2(\lambda)$ са приблизително еднакви или слабо изразени. Това е необходимо, защото в (1) участват ефективни излъчвателни способности в обхвата $8 \mu\text{m} - 11.8 \mu\text{m}$;

(в) Двата образца излъчват равномерно в полупространството.



Фиг. 6.1. Резултати от измерванията на излъчвателната способност на смесения клас "мрамор-гранит"



Фиг. 6.2. Резултати от измерванията на излъчвателната способност на смесения клас "варовик-гнайс".

Анализът на резултатите показва, че смесените класове "мрамор-гранит" и "варовик-гнайс" са изотермични. Това се отразява в съпадението на измерените стойности на ϵ_{Σ} с тези, пресметнати по формула (1), като за втория клас

(фиг. 6.2) се забелязва малко отклонение извън експерименталната грешка.

Измервателната установка се усъвършенства за по-прецизно провеждане на експеримента.

Настоящата работа е финансирана от НФНИ по договор МУНЗ 1201/02.

Литература

- Атанасов В., Т. Маринов, А. Султанов, *Минералогия и петрография*. ДИ "Техника", София, 1984.
- Мишев Д., *Дистанционни изследвания на Земята от Космоса*. София, Изд. БАН, 1981р 208 с.
- Мишев. Д. *Дистанционные исследования Земли из Космоса*. М., Мир, 1985, 232 с.
- Мишев. Д., Т. Добрев, Л. Гугов. *Дистанционни методи във физиката и геологията*. София, Техника, 1987, 272 с.
- Свейн Ф., Ш. Дейвис (ред.). *Дистанционное зондирование количественный подход*. М., Наука, 1983.
- Sobrino, J.A., V. Caselles. *A Field Method for Measuring the Thermal Infrared Emissivity*. J. Photogram. and Rem. Sensing, 1993, v.48, No.3, pp.24-31.

Препоръчана за публикуване от катедра "Приложна геофизика", ГПФ