

## ПОЛЕВИ И ЛАБОРАТОРНИ ИЗМЕРВАНИЯ НА МАГМЕНИ, СЕДИМЕНТНИ И МЕТАМОРФНИ СКАЛИ ЗА ПОПЪЛВАНЕ НА БАЗА ДАННИ ПРИ ДИСТАНЦИОННИ НАБЛЮДЕНИЯ НА ЗЕМЯТА

*Деница Борисова<sup>1</sup>, Христо Николов<sup>1</sup>, Бануш Банушев<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Институт по слънчево-земни въздействия, Българска академия на науките, 1113 София; dborisova@stil.bas.bg*

<sup>2</sup>*Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София; banushev@mgu.bg*

**РЕЗЮМЕ.** Наземните измервания в комплекса на дистанционните изследвания се много важни в съставянето и попълването на бази данни. За целта са проведени лабораторни и полеви спектрометрични измервания на образци от магмени, седиментни и метаморфни скали от България. Използван е тематично ориентиран спектрометър, работещ в диапазона 400-900 nm. Спектрометърът е конструиран в ИСЗВ-БАН. Получените данни ще бъдат включени в база данни за допълнителна информация при дистанционни изследвания на земната повърхност.

IN-SITU AND EX-SITU MEASUREMENTS OF IGNEOUS, SEDIMENTARY AND METAMORPHIC ROCKS IN EARTH OBSERVATION DATA BASE COMPLEMENT

*Denitsa Borisova<sup>1</sup>, Hristo Nikolov<sup>1</sup>, Banush Banushev<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Solar-Terrestrial Influences Laboratory, Bulgarian Academy of Science, 1113 Sofia; dborisova@stil.bas.bg*

<sup>2</sup>*University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia; banushev@mgu.bg*

**ABSTRACT.** Ground-truth data in remote sensing investigation complement are very important. For this purpose laboratory and field spectroscopy measurements of samples of the igneous, sedimentary and metamorphic rocks are performed. The thematically oriented spectrometer working in 400-900 nm range is used. The spectrometer was designed and constructed in STIL-BAS. The obtained data will be included in data base for Earth observation complement.

### Въведение

Наземните измервания в комплекса на дистанционните изследвания се много важни при съставяне и попълване на бази данни. За целта са проведени полеви и лабораторни спектрометрични измервания на образци от някои магмени, седиментни и метаморфни скали от България. Използван е тематично ориентиран спектрометър TOMS, работещ в диапазона 400-900 nm. Планирано е получените данни в табличен и графичен вид да бъдат включени в геобазата данни за допълване на информацията при дистанционни изследвания на земната повърхност.

### Материали и методи

Спектралните характеристики от наземните измервания се събират в геобазата данни за следните цели: калибриране и валидация на изображения и спектрални данни при дистанционни изследвания; проверка на приложимостта на спектралните измервания при самолетни и сателитни мисии; основно проучване на взаимовръзките между физическите свойства и електромагнитното отражение на изучаваните обекти;

определяне на пряката зависимост на отражението от обектите от осветяването им и видимата им структура.

От началото на 80-те години на XX век са проведени множество измервания на спектралните характеристики на природни и антропогенни обекти с помощта на полеви спектрометри, работещи във видимата и инфрачервената области от електромагнитния спектър. Не по-малко усилия са направени да се систематизират и интерпретират получените данни, наречени първични данни (метаданни). Сравнението на спектралните криви от спектрометричните полеви измервания е затруднено поради различните методики за получаването им (Milton, 2001). Оползотворяването на данните от множеството изследвания изисква качествена оценка, която е направена спрямо поставената задача. Според Kancheva, 1999, Milton et al., 2006, точността зависи от коректното определяне на това, което ще бъде измервано. В геобазата данни трябва да се включи и информацията за условията по време на полевия експеримент.

Първичните данни са нужни при употребата и интерпретацията на научните данни (Michener, 2000).

Непълната информация по отношение на въведените метаданни ще доведе до тяхната безполезност. Спектралните библиотеки представляват колекции от данни, които осигуряват референтни спектри за редица процедури в дистанционните изследвания като: декомпозиция на спектрални смеси според базовите класове обекти (крайни членове на изследваните спектрални смеси); класификация на земното покритие; атмосферни корекции. Съществуват множество достъпни спектрални библиотеки като тази на Геоложкото дружество на САЩ (Clark et al., 1993), съдържащи качествени спектрални характеристики на много обекти, в които основно внимание е обърнато на минералите. Основните недостатъци на тези спектрални характеристики са в статистическата представителност на включените спектри, липсата на времева изменчивост на обектите (като растителност) и на полеви измервания.

Друга база данни, която включва и спектрални данни от полеви експерименти, е системата SPECCHIO в Лабораторията по дистанционни изследвания към Университета в Цюрих (Hüni, Kneubühler, 2007). Достъпът до SPECCHIO е свободен след регистрация, като може както да се използват данните от базата, така и да се въвеждат ванни, получени при провеждане на различни експерименти.

В настоящата разработка е изложен полеви експеримент на територията на България, резултатите от който се подготвят да бъдат включени в гореупоменатата база данни. В геобазата данните се представят във вид на таблици с първичните данни от полевите и лабораторните измервания, получените графики и допълнителната информация за всяко измерване. В работата са представени резултатите от полеви спектрометрични измервания на петрографски разновидности от някои магмени, седиментни и метаморфни скали. Полевите експерименти са проведени по маршрути през май 2009 година в Рила и Централното Средногорие. От същите разкрития са взети стандартни петрографски образци, които са изследвани в лабораторни условия (Борисова, 2007).

Спектралните измервания са проведени с помощта на спектрометър TOMS, работещ в спектралния диапазон 400-900 nm. Спектрометърът е разработен и конструиран в Института по слънчево-земни въздействия на Българска академия на науките (ИСЗВ-БАН) (Petkov et al., 2005a; 2005b). В резултат на тези измервания са получени спектрални характеристики на изследваните обекти. Спектралната характеристика представлява зависимост на отражението от изучаваните обекти в проценти (reflectance, %) от дължината на вълната в нанометри (wavelength, nm). Получените данни са обработени статистически, като в използвания софтуер на спектрометъра е зададено регистрирането на 100 спектъра.

## Резултати и дискусия

В района на Рила са извършени изследвания на скали от четири разкрития – м. Кирилова поляна, югозападно от Рилски манастир, с. Пастра и около гр. Рила. В Централното Средногорие са изследвани две разкрития –

по р. Медетска на 10 km южно от гр. Златица и кариерата на 4.5 km северозападно от с. Смолско (таблица 1).

Таблица 1

Скални образци от Рила и Централното Средногорие

Точка №	Скала	Местоположение
1	Биотитови гранити	Кирилова поляна, Рила
2	Биотитови гнайси	5 km ЮЗ от Рилски манастир
3	Гнайси	с. Пастра
4	Брекчо-конгломерати	2 km И от гр. Рила
5	Биотитови гранити	р. Медетска, на 10 km Ю от гр. Златица
6	Доломити	кариера Смолско

Районът около Кирилова поляна (т. 1) е изграден от докамбрийски високометаморфни скали (гнайсово-мигматитов комплекс и комплекс на гнайс-гранитите) отнасящи се към Огражденската (Прародопската) надгрупа, метаморфозирани ултрабазични и базични магмени скали; южнобългарски и горнокредни гранитоиди (Маринова, 1993). В състава на гнайсово-мигматитовия комплекс участват мигматити, гранитогнайси, гнайсошисти, гнайси, амфиболити, пегматитови и аплитови жили. Комплексът на гнайс-гранитите изгражда удължено в североизток-югозападна посока тяло. Скалите са неравномернозърнести с катакластична, бластопорфирна и гранобластна структура и неясно изразена паралелна текстура. Метаморфозирани ултрабазични и базични магмени скали се разкриват южно от р. Илийна. Представени са от метагабра, метадиорити, метасерпентинити и метавулкани, внедрени в скалите на Чепеларската свита. Според Кожухарова (1986) те са част от офиолитова асоциация. Южнобългарските гранитоиди са представени от гранодиорити и среднозърнести биотитови гранити, изграждащи западните части на Мусаленското тяло от Рило-Западнородопския батолит. Към горнокредните интрузиви се отнасят малки тела и дайки от дребнозърнести биотитови гранити и аплитидно-пегматоидни гранити.

Обект на изследване са биотитови гранити от Рило-Западнородопския батолит. Гранитите са левко- до мезократни, масивни, среднозърнести. Главните минерали са К-фелдшпат, кварц и кисел плагиоклаз, второстепенните – биотит, а акцесорните – циркон и магнетит. Структурата е хипидиоморфнозърнеата, а текстурата – масивна (Банушев и др., 2007). На фигура 1 е представена спектралната характеристика на изучаваните скали в т. 1.

На 5 km югозападно от Рилски манастир по пътя за гр. Рила (т. 2) се разкриват високометаморфни скали на Чепеларската свита. Представени са от биотитови гнайси, сред които се наблюдават прослойки от амфиболити, гнайсошисти и шисти с различна дебелина и неравномерно разпределение в разреза. Биотитовите гнайси, обект на изучаване са сиви до тъмносиви с шистозна, финовичеста текстура и лепидогранобластна структура. В състава им участват плагиоклази, кварц, калиев фелдшпат, биотит, гранат, епидот, аланит и рутил.

На фигура 2 е представена спектралната характеристика на изучаваните скали в т. 2.

Районът около с. Пастра (т. 3) е изграден от високометаморфни скали (мигматизирани биотитови и двуслюдени гнайси) на Богутевската свита, въведена от Кожухаров (1984) и пегматити с гранат и едролюспест мусковит. По-ограничено разпространение имат гранат-биотитовите, лептитоидните гнайси и амфиболитите. Скалите са метаморфозирани в амфиболитов фазиес (Кожухарова, Кожухаров, 1980). Изследваните мигматизирани биотитови и двуслюдени гнайси са сиви, тъмносиви, средно- до едрозърнести с ивичеста текстура и лепидогранобластна структура. Изградени са от плагиоклаз, кварц, биотит и мусковит. На фигура 3 е представена спектралната характеристика на изучаваните скали в т. 3.

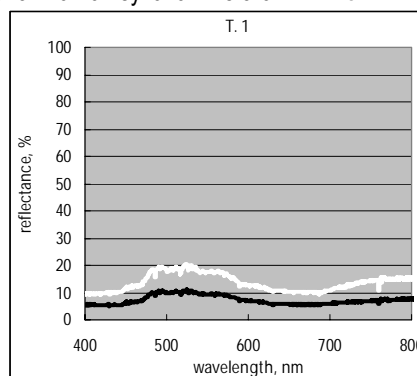
На 2 km източно от гр. Рила (т. 4) се разкриват палеогенски седиментни скали (Пъстра подвъглищна задруга), запълващи Падалския грабен (Маринова, 1993). Представени са от сиви до сивозелени, на места ръждивокафяви полимиктови конгломерати и брекчоконгломерати, с размери на късовете 2-10 cm, прехождащи във валунни брекчоконгломерати с късове достигащи 50-60 cm. Изградени са от скални късове от метаморфити, гранити и пегматити. Матриксът е от подребнокъсов материал със същия състав, а цементът е глинесто-песъчлив (Банушев и др., 2007). На фигура 4 е представена спектралната характеристика на изучаваните скали в т. 4.

На 10 km южно от гр. Златица по пътя за гр. Панагюрище (т. 5) се разкриват т.нар. Южнобългарски гранитоиди, внедрени сред високометаморфните скали на Прародопската надгупа. Към Южнобългарските гранитоиди се отнасят интрузивни тела с палеозойска възраст, различни размери и състав, обособени в три интрузивни комплекса (Дабовски и др., 1972). Първият интрузивен комплекс включва гранити, гранодиорити и малки тела от кварцдиорити и диорити. Към този комплекс се отнасят Смиловенския, Поибренския и Хисарския плутон. В състава на втория интрузивен комплекс се включват амфибол-биотитови, биотитови гранити и левкогранити. Към този комплекс принадлежат Копривщенски, Клисурски и Мътенишки плутони. Третият интрузивен комплекс е представен от левкократни, равномернозърнести биотитови, биотит-мусковитови и пегматоидни гранитоиди. Към този комплекс се отнасят Стрелчански, Каравеловски, Лесичовски и Вършилски плутони (Дабовски и др., 1972).

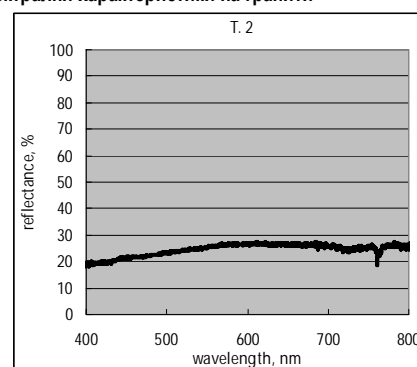
В точка 5 се разкриват биотитови гранити от северозападната част на Копривщенския плутон. Те са светлосиви, на места оцветени в ръждивокафяво от Fe хидроксиди. Средно- до едрозърнести, порфиroidни с ясен линеен паралелизъм. Изградени са от K-фелдшпат, плагиоклаз, кварц, биотит, апатит и циркон (Приставова, Банушев, 2007). На фигура 5 е представена спектралната характеристика на изучаваните скали в т. 5.

На 4.5 km северозападно от с. Смолско (т. 6) в изкуствено разкритие (кариера) се разкриват триаски

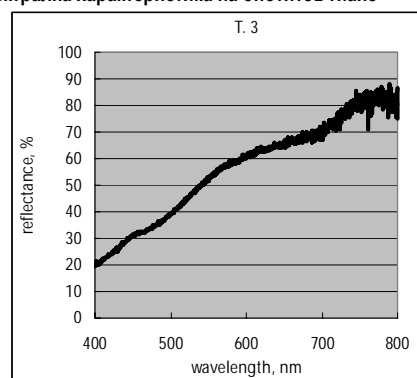
карбонатни скали – доломити. Доломитите са черни и сиви с розов оттенък, редуващи се незакономерно. Те са среднослоести, с микрозърнеста структура. Изградени са от микрозърнест доломит, единични кварцови зърна и редки организмови останки на остракоди и фораминифери. Черните доломити са с по-високи съдържания на SiO<sub>2</sub> и по-ниски на CaO и MgO от сивите (Приставова, Банушев, 2007). На фигура 6 е представена спектралната характеристика на изучаваните скали в т. 6.



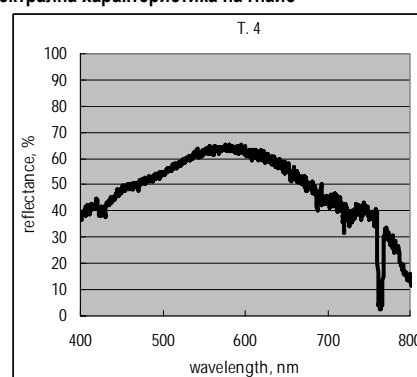
Фиг. 1 Спектрални характеристики на гранити



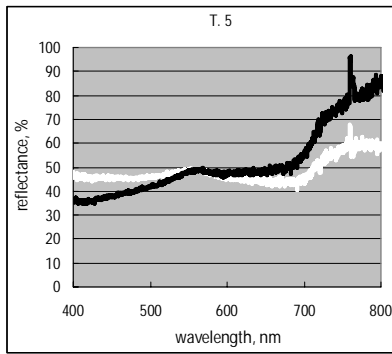
Фиг. 2 Спектрална характеристика на биотитов гнайс



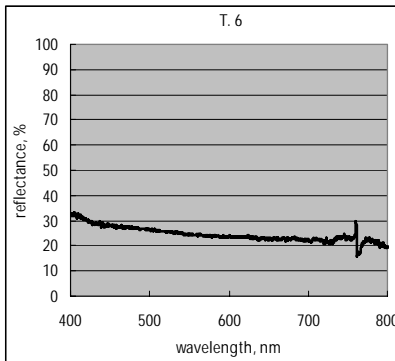
Фиг. 3. Спектрална характеристика на гнайс



Фиг. 4. Спектрална характеристика на брекчоконгломерати



Фиг. 5. Спектрални характеристика на биотитов гранит



Фиг. 6. Спектрална характеристика на доломит

В геобазата данни в табличен вид (таблица 2) се представя допълнителна информация за атмосферните условия на измерване при полевите експерименти, постановката на всеки експеримент, времето за провеждане на едно измерване ( $t_i$ ), брой усреднени спектри ( $\lambda_n$ ) и разстояние от обекта до обектива ( $H_{00}$ ).

Таблица 2

Допълнителна информация за всеки експеримент

Точка №	Атмосферни условия	$H_{00}$ , cm	$t_i$ , ms	$\lambda_n$
1	Ясно, сянка	50	10	100
2	Ясно, сянка	50	10	100
3	Ясно, сянка	50	10	100
4	Ясно, сянка	50	10	100
5	Ясно, сянка	50	10	100
6	Ясно, сянка	50	5	100

## Заклучение

Получените в резултат на проведените полеве измервания данни са едни от малкото у нас. Те позволяват да бъде използвана отражателната способност на скалите като отличителен признак за тяхното разграничаване в многоспектрални изображения от дистанционни изследвания на земната повърхност. Представените в настоящата работа резултати са получени само от един начин на обработка на първичните данни. За по-пълноценната им употреба се провеждат още редица анализи на първичните данни, като оценка на минимумите и максимумите във връзка с химичния състав на изследваните скали, използване на редица трансформационни индекси и др.

Включването на данни от различни експерименти в общодостъпна база данни подsigурява продължителната им употреба, осигуряват база за качествената им оценка и обмяната им между специалистите. Затова базите данни

се обновяват на различни кратки периоди от време, които зависят от обекта на изследване. Създаването, обновяването и поддържането на геобазата метаданни изисква провеждането на периодични полеве експерименти като докладваните в настоящата работа. Получените резултати показват, че тези измервания могат да бъдат приложени и за други райони и скални разновидности от територията на България.

Тази работа е подпомогната финансово от договор с НФНИ-МОН ИНИ-12/05 и по проект COSMOS по Седма Рамкова програма.

## Литература

- Банушев, Б., Р. Костов, Р. Паздеров. 2007. Минерали и скали от Рила. – В: *Ръководство за учебни практики по минералогия и петрография* (ред. Р. И. Костов). С., ИК "Св. Иван Рилски", 85-91.
- Борисова, Д. 2007. Сравнение между отражателните спектри на гранити получени с различна спектрометрична апаратура. – *Год. МГУ "Св. Иван Рилски"*, 50, Св. I, *Геол. и геоф.*, 139-143.
- Дабовски, Х., И. Загорчев, М. Русева, Д. Чунев. 1972. Палеозойски гранитоиди в Същинска Средна гора. – *Год. УГП*, 16, 57-92.
- Кожухаров, Д. 1984. Литостратиграфия докамбийских метаморфических пород Родопской супергруппы в Централных Родопах. – *Geologica Balc.*, 14, 1, 43-88.
- Кожухарова, Е. 1986. Докембрийская офиолитовая ассоциация в Родопском массиве и этапы ее развития. – В: *Достижения болгарской геологии*. С., Техника, 126-133.
- Кожухарова, Е., Д. Кожухаров. 1980. Проблемы докембрия в Болгарии. – *Geologica Balc.*, 10, 1, 75-94.
- Маринова, Р. 1993. *Обяснителна записка към геоложка карта на България. М 1:100000. К.п. Благоевград.* С., Геология и геофизика, ГИ БАН, 68 с.
- Приставова, С., Б. Банушев. 2007. Магмени, седиментни и метаморфни скали от Централното Средногорие. – В: *Ръководство за учебни практики по минералогия и петрография* (ред. Р. И. Костов). С., ИК "Св. Иван Рилски", 80-84.
- Clark, R., G. Swayze, A. Gallagher, T. King, W. Calvin. 1993. The U.S. Geological Survey, Digital Spectral Library: Version 1: 0.2 to 3.0 microns, *U.S. Geol. Survey Open File Report*, 93, 1340.
- Hüni, A., M. Kneubühler. 2007. SPECCHIO: a system for storing and sharing spectroradiometer data. – *SPIE Newsroom*, DOI: 10.1117/2.1200711.0956. <http://spie.org/x18220.xml>
- Kancheva, R. 1999. *State Assessment of the Soil-Vegetation System Using Spectrometric Data*. PhD Thesis, 142 p. (in Bulgarian)
- Michener, W. 2000. Metadata. – In: W. K. Michener, J. W. Brunt (Eds.). *Ecological Data: Design, Management and Processing*. Oxford, UK, Blackwell Science, 92-116.
- Milton, E. 2001. *Methods in Field Spectroscopy*. [www.soton.ac.uk/~epfs/methods/spectroscopy.shtml](http://www.soton.ac.uk/~epfs/methods/spectroscopy.shtml)
- Milton, E., N. Fox, M. Schaepman. 2006. Progress in Field Spectroscopy. *Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Denver, CO, 1966-1968.
- Petkov, D., A. Krumov, H. Nikolov, G. Georgiev. 2005a. Multichannel nadir spectrometer for thematically oriented remote sensing investigations. – *Proc. SES 2005*, 227-231.
- Petkov, D., G. Georgiev, H. Nikolov. 2005b. Thematically oriented multichannel spectrometer (TOMS). – *Aerospace Research in Bulgaria*, 20, 51-54.

Препоръчана за публикуване от Катедра "Приложна геофизика", ГПФ