

## Дистанционное зондирование гранитов Болгарии в лабораторных и полевых условиях

Борисова Д.С.<sup>1</sup>, Банушев Б.С.<sup>2</sup>, Илиев И.Ц.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт солнечно-земных воздействий, Болгарская академия наук,

Болгария София 1113 ул.Акад.Г.Бончев, бл.3 ,E-mail: dborisova@stil.bas.bg; iliev@stil.bas.bg

<sup>2</sup>Горно-геологический университет, Болгария, София, 1700, Студентски град, E-mail: banushev@mgu.bg

Граниты являются основным компонентом континентальной земной коры, формируя ту сушу, на которой мы живем и в пределах которой сосредоточено большинство доступных для разработки месторождений полезных ископаемых. Для изучения большого разнообразия гранитов способствует и дистанционное зондирование Земли, в частности полевые и лабораторные спектрометрические методы исследования. Две группы гранитов обозначаются на геологических картах Болгарии. Для изучения спектральных характеристик проведено спектрометрирование гранитов в лабораторных условиях в диапазоне 0,5-1,1 мкм, для чего использована сконструированная в ИСЗВ-БАН аппаратура. Полевые эксперименты проведены при помощи другой установки (0,4-0,9 мкм), тоже разработанной в ИСЗВ-БАН.

### Петрографическое описание исследованных гранитоидов

Объект настоящего исследования два типа гранитоидов Болгарии разного геологического возраста – палеозойский в Центральном Средногории, где находятся так называемые Южноболгарские гранитоиды и верхний мел в юговосточной (ЮВ) Болгарии. Средногорские гранитоиды вмещены в метаморфические скалы докембрийского возраста, а гранитоиды ЮВ Болгарии рассекают докембрийские метаморфиты, палеозойские граниты и триасские скалы.

Во время палеозойских магматических процессов в Средногории установлены два этапа. Первый этап отмечен маленькими ультраосновными и основными телами из пироксенита, габбра и габбродиорита. Вторым этапом охарактеризуется многократным внедрением гранитоидной магмы. Обособлены три интрузивные комплекса [1] и каждый из них представляется несколькими отдельными плутонами.

Первый интрузивный комплекс характеризуется более основным составом и обширной фазовой изменчивости формирующих плутонических скал: гранитов, гранодиоритов, кварцдиоритов и диоритов. Смиловенский, Поибренский и Хисарский плутоны относятся к этому комплексу. Их возраст ( $342 \pm 27$  млн. лет – ранний карбон) определен Rb/Sr методом. [2]

Петрографический состав второго интрузивного комплекса однообразен и содержит в основном биотитовые и двуслюдные граниты, немного гранодиориты и плагиограниты. К этому комплексу относятся Копривщенский, Мытенишкий и Пыстровский плутоны. Их возраст ( $320 \pm 58$  млн. лет – поздний карбон) определен Rb/Sr методом. [3]

Третий интрузивный комплекс состоит из биотитовых и двуслюдных гранитов. К этому комплексу относятся Стрелчанский, Каравеловский и Лесичовский плутоны. Их возраст ( $238 \pm 37$  млн. лет – поздний перм) определен Rb/Sr методом. [3]

Исследованы группы образцов Средногорских гранитов из Смиловенского (обр. 4), Пыстровского (обр. 3, 8) и Стрелчанского (обр. 2) плутонов, а так-же

гранитоиды ЮВ Болгарии из Гранитово-Чернозомского (обр. 9, 10) и Оманского (обр. 5) плутонов.

### Палеозойские гранитоиды из горы Средногорие

Смиловенский плутон вмещен в докембрийские метаморфиты Арденской группы. Плутон составлен из гранитов, гранодиоритов и тоналитов, связанные между собой постепенными переходами. Характерная особенность крайних долей плутона это так называемый контаминированный фаций, полученный в процессе переработки ксенолитов [4], а так-же богатые жилы из аплитов и пегматитов. Исследованы граниты со светлой окраской, которые имеют массивную текстуру и гипидиоморфную зернистую структуру. Минеральный состав состоит из первичных породообразующих минералов: магматических плагиоклазов, калишпатов, кварца, биотита, амфибола, мусковита, и вторичных: серицита, хлорита, эпидота и цоизита. Акцессорные минералы представлены магнетитом, титанитом, апатитом и аланитом. Щелочность скал этого плутона меняется с нормальной к слабой.

Пыстровский плутон из второго интрузивного комплекса состоит из светлоокрашенных крупнозернистых и среднезернистых биотитовых и двуслюдных гранитов. Аплиты и пегматиты редко встречаются [5]. Исследованные среднезернистые образцы гранитов имеют массивную текстуру и порфиоровидную и равномернозернистую структуру. Минеральный состав включает кислые плагиоклазы, калишпаты, кварц, биотит, мусковит, титанит, апатит, циркон и вторичные серицит, эпидот и хлорит. Скалы здесь щелочные.

Стрелчанский плутон вмещен в Смиловенский плутон и содержит ксенолитов из него в эндоконтатных зонах [4]. Состоится в основном из биотитовых и двуслюдных гранитов. В центральной части плутона находятся пегматовидные граниты, которые связаны с пегматитовыми полями. Исследованные образцы среднезернистые с массивной текстурой. Первичные минералы это магматические калишпаты, кислый плагиоклаз, биотит, мусковит, циркон, апатит, а вторичные – хлорит, эпидот и глинистые минералы. Скалы третьего комплекса ультращелочные.

## Верхнемеловые гранитоиды юговосточной Болгарии

Гранитово-Черноземский плутон представляет пластиновидное магматическое тело длиной в 45 km и шириной в 7 km. Состоится из двух наставок: первая из габбровых скал и вторая – из амиболо-биотитовых гранитов, которые в крайних долях плутона переходят к гранодиоритам и диоритам (контаминированный фаций) [6]. Исследованные граниты среднезернистые с массивной текстурой и гипидиоморфной зернистой структурой. Минеральный состав представлен калишпатами, кислым плагиоклазом, кварцем, биотитом, амфиболом, так-же вторичными хлоритом, эпидотом, серицитом и глиневыми минералами.

Оманский плутон размерами 20 X 5-6 km состоит из трех магматических наставок: первая (габбровая), вторая (гранодиоритовая) и третья (гранодиоритовые порфириды) [7]. Скалы первой наставки представляют ксенолиты в приконтактных участках. Большая часть плутона содержит гранодиорит. Периферийные участки состоятся из диоритов и тоналитов. Третья наставка встречается в маленьких телах и жилах. Образцы дребнезернистых порфиридных гранодиоритов из Оманского плутона содержат следующие первичные минералы: магматические плагиоклазы, калишпаты, кварц, амфибол, биотит, титанит, апатит, как и вторичные – хлорит, эпидот, цоизит и серицит.

### Аппаратурные комплексы

Для изучения спектральных отражательных характеристик образцов гранитов проведено их спектрометрирование в лабораторных условиях в диапазоне 500-1000 nm. Для этого использован сконструированный в ЦЛСЗВ-БАН спектрометр SPS-1 (Рис.1) [8-10]. Его основные технические параметры:

- полный спектральный диапазон - 360-1100 nm;
- спектральная разделительная способность - 0.24 nm, 0.384 nm, 5.4 nm;
- время сканирования одного спектра - 50 ms;
- динамичная память - 44 kB.



Рис.1. Спектрометрическая система для дистанционных исследованиях SPS-1

Во время эксперимента соблюдалось постоянное освещение измеряемого объекта при помощи искусственного источника света – лампа мощностью

2000 W. Полученные данные соотнесены к эталонному экрану, который покрыт бариевым сульфатом и имеющий коэффициент отражения 98-99%.

Для вычисления спектральных отражательных коэффициентов (СКО) использована формула (1) [11-13]:

$$r(\lambda_i) = \frac{L(\lambda_i)}{L_0(\lambda_i)} \quad (1)$$

Отражательные спектры исследованных образцов показаны на Рисунке 2. В диапазоне измерения более высокие стоимости СКО зарегистрированы при более высоком содержании светлых (салических) породообразующих минералов, и наоборот, низкие стоимости СКО относятся к низкому содержанию тех-же минералов.

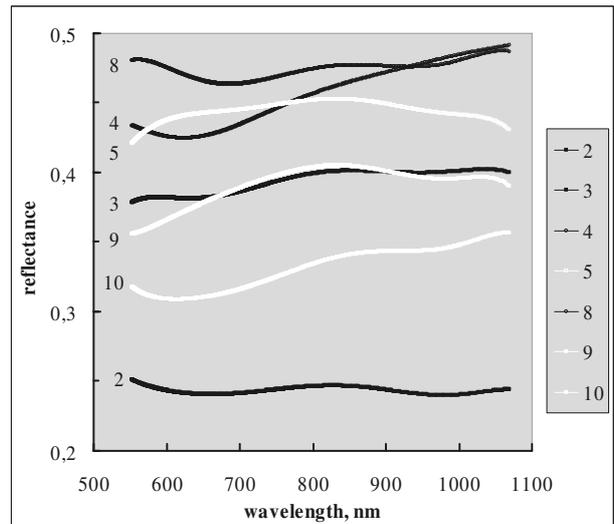


Рис.2. Отражательные спектры гранитов (SPS-1)

Полевые эксперименты проведены при помощи полевого спектрометра TOMS (Рисунок 3), работающий в спектральном диапазоне 400-900 nm. Спектрометр разработан и конструирован в ИСЗВ-БАН [14,15].



Рис.3. Спектрометрическая система для дистанционных исследованиях TOMS

Результатом спектрометрических измерений в этом случае СКО, которые статистически исправлены при

помощи задания в программы спектрометра зарегистрировать 100 спектров за период одного измерения.

Полевые эксперименты проведены в районе городов Златица и Панагюрище. Здесь раскрываются биотитовые граниты северозападной части Копривщенского плутона. Граниты светлосерые, местами коричневые из-за гидроксидов железа. Состав их из К-фельдшпата, плагиоклаза, кварца, биотита, апатита и циркония [16]. Спектральная характеристика этих гранитов показана на Рисунке 4.

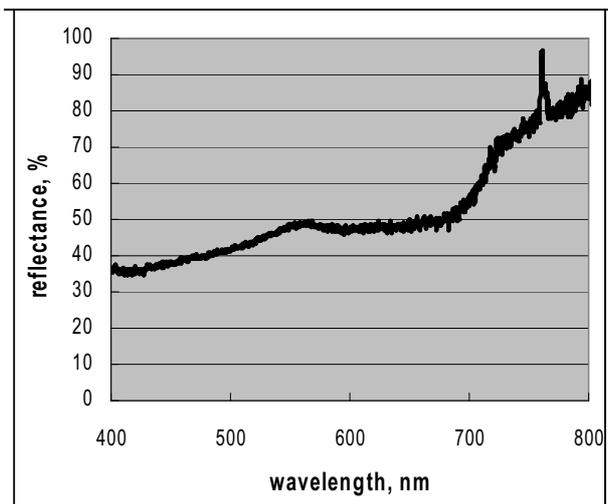


Рис.4. Отражательный спектр гранитов (TOMS)

## Выводы

Если мы стараемся различить граниты по районам их распространения (Средногорие или ЮВ Болгария), то при помощи только спектрометрирования в области 0,4-1,1 мкм желательных результатов не получим, так как эти гранитоиды очень близки по своему составу. Тогда исследования требуют дополнительные анализы полученных данных на зависимости от содержания светлых или темных порообразующих минералов.

Авторы настоящей работы запланировали провести еще полевые эксперименты. На следующем этапе работы лабораторные и полевые данные будут заведены в базисные и применены как дополнительную информацию к дешифрированию спутниковых данных дистанционного зондирования.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Дабовски Х., И. Загорчев, М. Русева, Д. Чунев. Палеозойски гранитоиди в Същинска Средна гора. – Год. Управл. геол. проуч., 16, 1972, 57-92.
- [2] Мурбат С., И. Загорчев. Рубидиево-стронциевы данни о возрасте первого гранитоидного комплекса (Смиловенский и Хисарский плутоны) в Същинской Средной горе. – *Geologica Balc.*, 13, 3, 1983, 3-14.
- [3] Загорчев И., С. Мурбат. Датирание на гранитоидния магматизъм в Същинска Средна гора по рубидиево-стронциевия изохронен метод. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 47, 3, 1986, 62-68.
- [4] Кацков Н., К. Илиев. Обяснителна записка към геоложка карта на България в М 1:100000, к.л. Панагюрище, С., Геология и геофизика, 1993, 53 с.
- [5] Русева М., Д. Ангелова, Ц. Цанков. Обяснителна записка към геоложка карта на България в М 1:100000, к.л. Карлово, С., Геология и геофизика, ГИ БАН, 1994, 60 с.
- [6] Вергилов В., К. Стойчева. Петрология на Гранитовския плутон. – *Изв. Геол. инст. Сер. Геохим., минер. и петрогр.*, 17, 1968, 241-267.
- [7] Дабовски Х. С. Савов. Строеж на Оманския плутон, Северна Странджа. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 46, 1985, 163-173.
- [8] Илиев И. Многоканални спектрометрични дистанционни изследвания на Слънцето и земната атмосфера, Дисертация за получаване на научната и образователна степен “Доктор”, 2000, 150 с.
- [9] Илиев И. Спектрометрична система за слънчеви и атмосферни изследвания. Е+Е, 3-4, 2000, 43-47.
- [10] Mishev D., I.Iliev, V.Tsanev. Preliminary Results from Spectral Radiometric Investigations of the Atmospheric Total Water Vapour Content. *Compt. Rend. Acad. Bulg. Sci.*, Т.49, No3, 1996, 41-43.
- [11] Mishev D. Spectral Characteristics of Natural Objects // Sofia, Publ. House Bulg. Acad. of Sci., 1986, 150.
- [12] Kancheva R. State Assessment of the Soil-Vegetation System using Spectrometric Data. PhD thesis, 1999, 142 p. (in Bulgarian).
- [13] Borisova D., R. Kancheva. Spectral Mixture Analysis of Land Covers. *Proceedings of 25th EARSeL Symposium*, Millpress, Rotterdam, 2006, 509-516.
- [14] Petkov, D., Al. Krumov, H. Nikolov, G. Georgiev. 2005a. Multichannel nadir spectrometer for thematically oriented remote sensing investigations. *Proceedings of SES 2005*, 227-231.
- [15] Petkov, D.; G. Georgiev; H. Nikolov. 2005b. Thematically oriented multichannel spectrometer (TOMS). *Aerospace Research in Bulgaria*, No. 20, 51 - 54.
- [16] Банушев, Б., С. Приставова, Р. Костов, Р. Паздеров, М. Токмакчиева, Г. Георгиев, С. Малинова, Т. Маринов. 2007. Ръководство за учебни практики по минералогия и петрография. – С., Изд. къща “Св. Иван Рилски”, 128 с.