

КАМЕННЫЕ ШАРЫ БОСНИИ: СЕЙСМО-ГЕОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ**Османагич М.** (Ун-т Сараево, Босния Герцеговина),**Рощина И.А., Колесов Г.М.** (ГЕОХИ РАН), **Хаврошкин, О.Б., Цыплаков В.В.** (ИФЗ РАН)*khavole@ifz.ru; тел. 8 (499) 252 21 98*

Ключевые слова: *каменные сферы, механические характеристики, спектр колебаний, элементный состав, вещество сферы*

Каменные сферы (шары) различного размера и правильной формы встречаются исследователям в различных частях земного шара, что постепенно начинает вызывать интерес об их природе. Один из таких шаров диаметром более метра, находящийся близ г. Завидовичи, был исследован путем регистрации резонансов собственных колебаний при возбуждении шара различного типа ударов. Регистрация колебаний велась с помощью сейсмоприемника, закреплявшегося на боковой поверхности шара. Удары по сфере наносились с трех взаимно перпендикулярных направлений, при этом каждый тип удара возбуждал разные моды сфероидальных колебаний. Запись сигнала осуществлялась с частотой оцифровки 10 кГц. Обработка записей выявила собственные колебания сферы при всех типах ударов. Моды всех типов колебаний представлены в таблице 1, а спектр собственных колебаний на рис.1. Радиальные колебания ${}_0S_0$ имеют частоту 1997Гц. Получены соответствующие спектры колебаний. Одновременно исследован элементный состав каменных сфер (см. далее).

Таблица 1

Сфероидальные моды S собственных колебаний каменной сферы в Гц

${}_0S_2$	${}_1S_1$	${}_0S_3$	${}_0S_4$	${}_1S_2$	${}_0S_6$	${}_1S_4$	${}_0S_8$	${}_0S_9$	${}_1S_7$	${}_0S_{10}$	${}_0S_{12}$	${}_2S_7$	${}_3S_4$	${}_0S_{15}$
405	465	634	732	1001	1367	1572	1870	2065	2178	2285	2353	2739	2998	3071

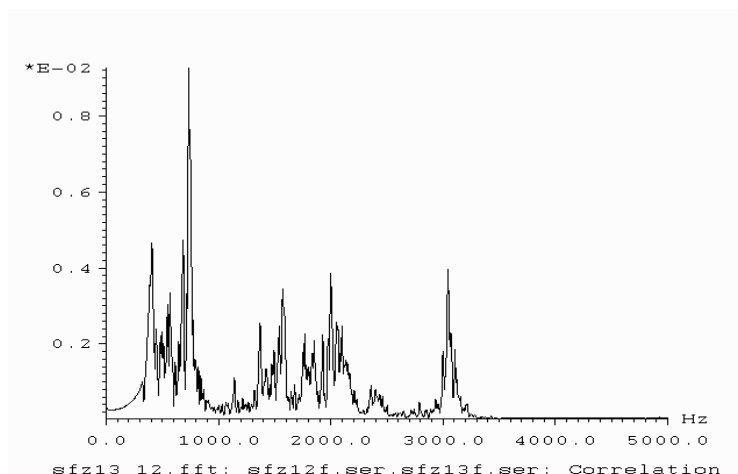
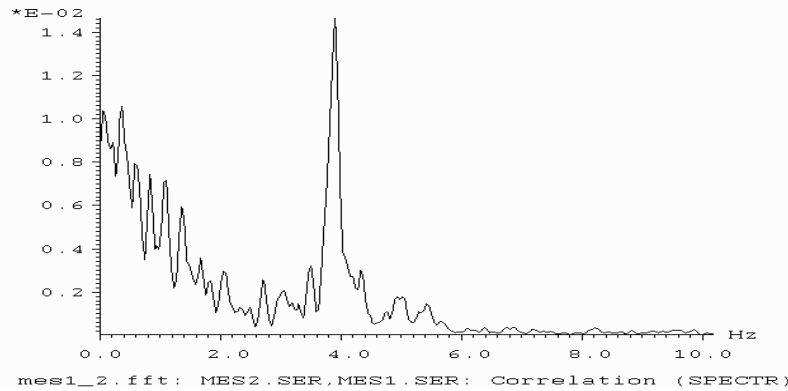


Рис.1. Спектр возбужденных сфероидальных мод собственных колебаний каменного шара метрового диаметра при вертикальном ударе

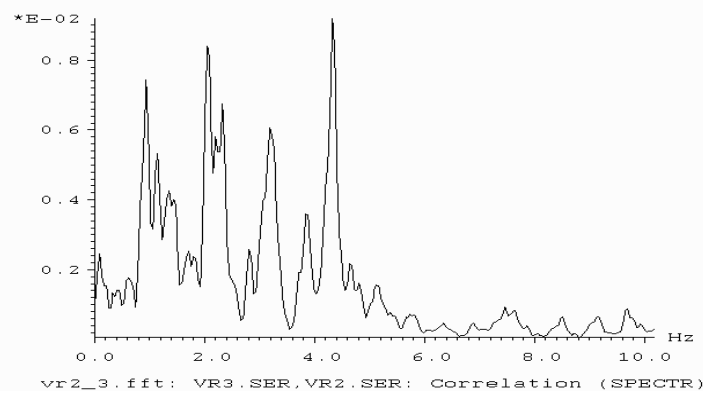
Отметим особенность, частота радиальных колебаний 1997 Герц наблюдалась при любых ударах, тогда как остальные моды возбуждались не всегда. Лабораторные измерения сейсмических скоростей образцов каменного материала сферы: продольные волны в трех взаимно-перпендикулярных направлениях имеют значения 4350, 4500, 4600м/с поперечная волна имеет скорость в 1.5 раза меньше. Частоты сфероидальных колебаний (табл.1) с учетом значений

полученных скоростей соответствуют теоретическим, что указывает на отсутствие макро неоднородностей и дефектов в массиве сферы.

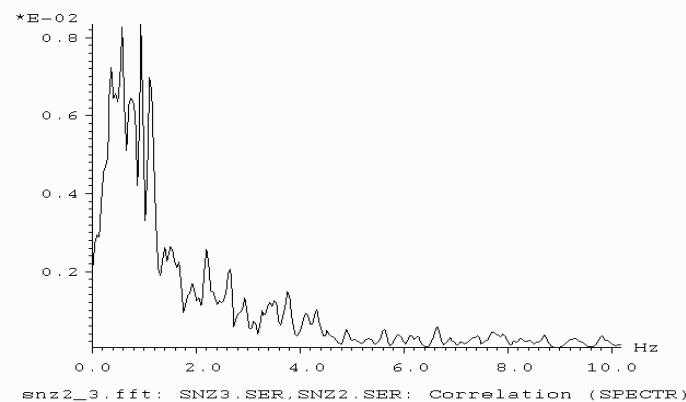
Сейсмический шум. В Боснии у подножия пирамиды Месяца, во Вратнице, в Завидовичах около сфер были проведены записи сейсмического шума с помощью высокочувствительного хмотрона. В результате были получены энергетические спектры шумов упомянутых мест, которые представлены на рис.2(а,б,в).



2а



2б



2в

Рис.2. Энергетические спектры сейсмического шума, полученные у подножия пирамиды Месяца, во Вратнице и рядом со сферами в Завидовичах

Спектр шума на пирамиде Месяца (рис. 2а) имеет ярко выраженную гармоническую частоту около 4Гц. Подобные гармонические частоты наблюдались в 2007г. на 1Гц, 13Гц (недалеко от пирамиды Месяца). Природа этих частот неизвестна. Можно только предположить существование

сейсмической автогенерации как элемента шума на склонах массива пирамиды, вызванных подготовкой оползня или потоками флюидов.

Существование 4-х спектральных пиков спектра шумов во Вратнице (рис. 2б) вероятно указывает на слоистость исследуемых структур, и именно эта слоистость и объясняет формирование такого спектра шума. Спектр шума в Завидовичах в основном сосредоточен в диапазоне 0.3 - 2Гц и также объясняется геологией этого региона.

Спектры сейсмического шума во всех указанных местах совершенно разные. Однако, путем получения взаимных спектров можно выявить некоторую когерентность между различными процессами, вызывающими сейсмический шум в разных местах. На рис. 3(а, б, в) представлены взаимные спектры: а) пирамида Месяца - Завидовичи, б) Вратница - Месяца, в) Завидовичи - Вратница.

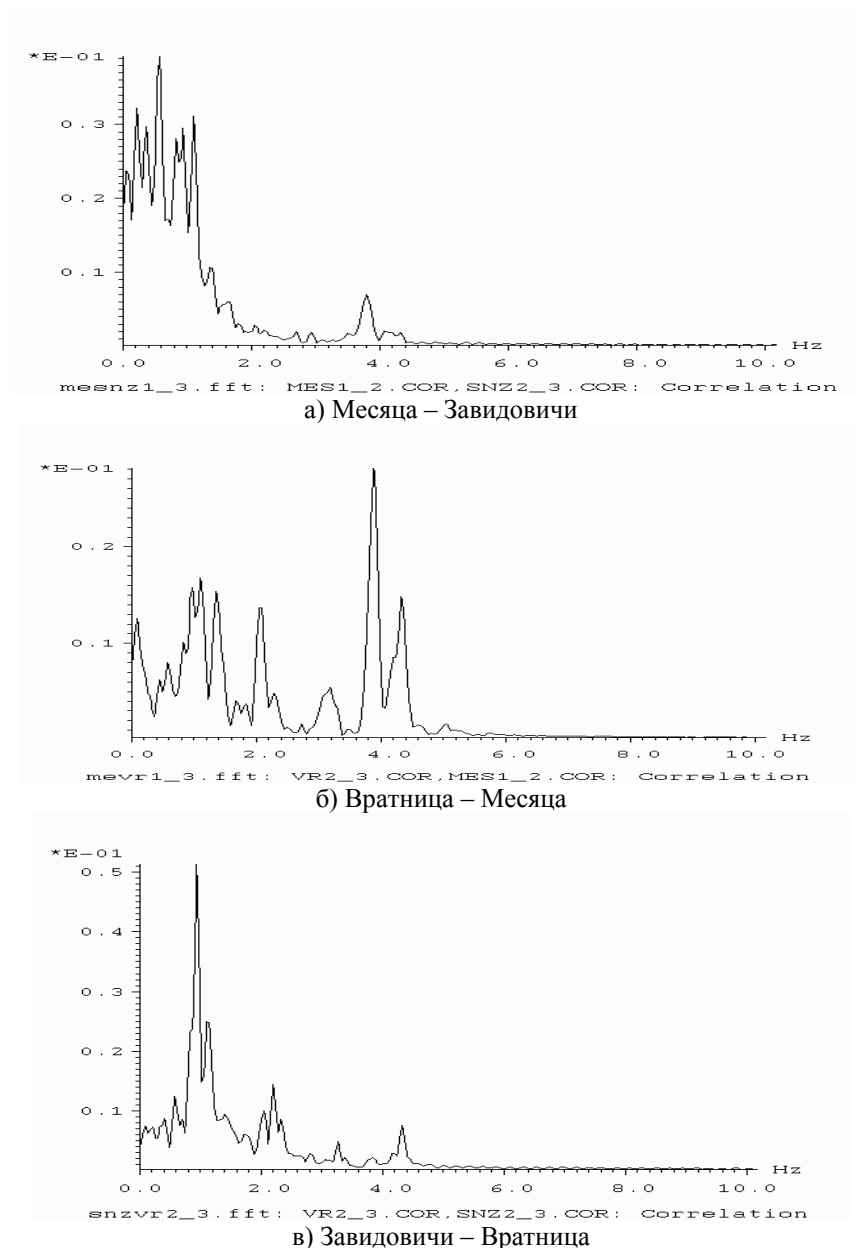


Рис. 3 (а-в). Пример взаимных спектров нескольких пар объектов исследования

Несмотря на непохожесть взаимных спектров (рис. 3), заметим, что существуют пики в районе 1 и 4 Герц на всех спектрах. Из-за недостаточности исследования их информативность недостаточно ясна, особенно для набора пиков во взаимном спектре Завидовичи – Вратница (рис.3в).

Первые же результаты геохимического анализа материала сфер выявили особенности, требующие дальнейшего исследования (см. ниже общую сводку). Анализ трёх образцов, особенно по редко земельным элементам, свидетельствует в пользу гетерогенной структуры материала.

Таблица 2

Результаты рентгенофлуоресцентного определения состава проб (концентрация в масс.%)

Компонент	№1	№2	№3
Na ₂ O	1,36	1,51	1,60
MgO	0,88	0,78	1,02
Al ₂ O ₃	9,42	8,11	8,61
SiO ₂	64,23	64,70	63,72
P ₂ O ₅	0,155	0,137	0,124
SO ₃	0,18	0,22	0,25
Cl	0,087	0,020	0,162
K ₂ O	1,36	1,32	1,11
CaO	16,62	16,41	17,70
TiO ₂	0,47	0,34	0,34
MnO	0,626	0,725	0,704
Fe ₂ O ₃	4,48	4,16	4,54
Rb	0,010	0,010	0,011
Sr	0,017	0,019	0,018
Y	0,004	0,000	0,004
Zr	0,039	0,042	0,048
Ba	0,069	0,059	0,054
La		1,45	
Cs		0,034	

Таблица 3

Содержание редких и редкоземельных элементов (10⁻⁴ %), а также Na, K, Ca, Fe (%) во фрагменте образца « шары Боснии» по данным инструментального нейтронно-активационного анализа

Элемент	Содержание	Элемент	Содержание	Элемент	Содержание
La	26,3	Rb	43,8	Ta	0,54
Ce	44,7	Cs	0,81	Zr	115
Pr	4,46	Sr	160		
Nd	14,7	Ba	390	Na	0,76
Sm	3,37	Sc	7,62	K	0,33
Eu	0,83	Cr	35,8	Ca	5,48
Gd	4,23	Co	11,6	Fe	2,15
Td	0,64	Se	5,69		
Dy	3,82	As	7,06		
Ho	0,81	Sb	0,37		
Er	2,26	Th	8,26		
Tm	0,34	U	1,82		
Yb	1,76	Br	1,55		
Lu	0,30	Hf	9,12		

Содержание некоторых редких и редкоземельных элементов, а также основных породообразующих элементов определялось методом инструментального нейтронно-активационного анализа [1]. Для этого от основного образца «шары Боснии» был отбит кусочек пробы, растерт в агатовой ступке до зернения порядка 70 микрон и от нее отобрана навеска массой 20 мг, затем она помещена в пакетик из алюминиевой фольги и вместе с другими пробами и образцами сравнения облучена

в ядерном реакторе ИРТ-МИФИ потоком нейтронов 1.2×10^{13} н/см².с в течение 15 ч. Облученные образцы были распакованы, измерены на 4096-канальном гамма - спектрометре с полупроводниковым детектором, спектры обработаны с использованием компьютерных программ; полученные данные приведены в табл. 3. Для группы редкоземельных элементов проведена нормировка к их распространенности в углистых хондритах и в сравнении с земными базальтовыми породами данные представлены на рис.4 (кривые 1 и 2, соответственно). Из полученных результатов следует, что резких отличий в составе исследуемой пробы «шары Боснии» от земной базальтовой породы не прослеживается; вещество существенно изменено относительно углистых хондритов.

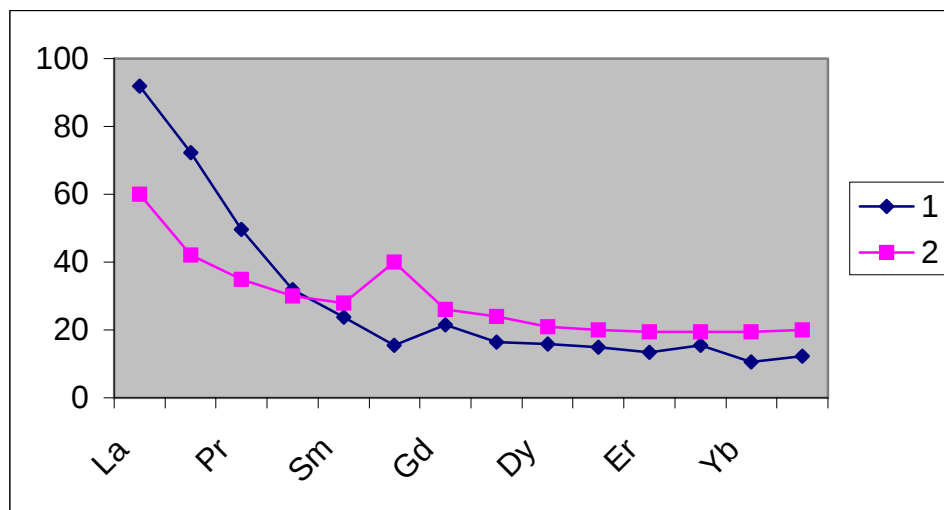


Рис.4. Нормированное к углистым хондритам распределение редкоземельных элементов в исследуемом образце (1) и земном трапповом базальте (2)

Выводы: предварительные результаты исследований свидетельствуют в пользу продолжения начатых исследований.

Литература

1. Kolesov G.M. Determination of trace elements: neutron-activation analysis in geochemistry and cosmochemistry // J. of Analytical Chem. (English Transl.). 1994. V. 49. No 1. P. 50-58.

Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(27) 2009

Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2009 года (ЕСЭМПГ-2009)

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2009/informbul-1_2009/planet-19.pdf

Опубликовано 1 сентября 2009 г.

© *Вестник Отделения наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2009*

При полном или частичном использовании материалов публикаций журнала, ссылка на «Вестник Отделения наук о Земле РАН» обязательна