



№. STS-XRF-17

© by SPECTRO T.S. 01.09.09

SPECTRO XEPOS

Рентгено-флуоресцентный спектрометр SPECTRO XEPOS великолепно подходит для быстрого, точного анализа природных минералов. Минимальная подготовка пробы, небольшое время анализа и очень низкая стоимость эксплуатации являются дополнительной характеристикой данного метода.

Анализ природных минералов

1. Введение

Рентгено-флуоресцентный метод анализа является распространенной технологией для анализа почв, природных минералов и различных промышленных материалов. В зависимости от выполняемой работы, анализ может быть выполнен с отсутствием или минимальной подготовкой проб.

Спектрометр SPECTRO XEPOS с современной Энерго-дисперсионный системой рентгено-флуоресцентного излучения получил новые возможности.

Спектрометр великолепно подходит для анализа сыпучих материалов спрессованных или сплавленных в таблетки или без подготовки напрямую в порошок.

2. Средство измерения

SPECTRO XEPOS

Образцы возбуждались в течение 1200 секунд охлаждаемой воздухом рентгеновской трубкой с Pd анодом, в комбинации со следующими мишенями представленными в таблице 1.



Рисунок 1. Энерго-дисперсионный рентгено-флуоресцентный спектрометр SPECTRO XEPOS

Таблица 1: Условия измерения.

| Элементы | Напряжение/Ток кВ/мА | Мишень | Время измерения, с |
|------------------|-------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| Na – Cl | 17,5 кВ/2,0м А | HOPG | 300 |
| K – Mn | 35 кВ/1,0 мА | Co | 300 |
| Fe – Y Er – U | 40 кВ/0,88 мА | Mo | 300 |
| Zr – Ce | 49,5 кВ/0,7 мА | Al ₂ O ₃ | 300 |

Для регистрации флуоресцентного излучения от образца использовался кремниевый дрейфовый детектор (Si-drift detector – SDD). Разрешение детектора <160 эВ (для Mn K_α линии при скорости счета 10 000 импульсов в секунду).

Во время проведения измерения камера с пробой продувалась гелием.

Все параметры измерения контролируются с помощью программного обеспечения XLAB-PRO.

3. Подготовка проб

Для анализа были предоставлены следующие пробы природные минералы в виде порошков:

1. Белый порошок в пластиковом мешочке с клапаном. Мешочек пронумерован "0".
Данной пробе порошка присвоено лабораторное имя "0".
2. Белый порошок в пластиковом мешочке с клапаном. Мешочек пронумерован "1".
Данной пробе порошка присвоено лабораторное имя "1".
3. Белый порошок в пластиковом мешочке с клапаном. Мешочек пронумерован "2".
Данной пробе порошка присвоено лабораторное имя "2".
4. Белый порошок в пластиковом мешочке с клапаном. Мешочек пронумерован "3".
Данной пробе порошка присвоено лабораторное имя "3".

Каждая проба порошка для анализа помешалась в пластиковую кювету диаметром 28 мм без дополнительной подготовки.

4. Анализируемые элементы и Используемая калибровка

Для определения содержания химических элементов неизвестных проб в порошках используется заводская калибровка Turbo Quant Powders. При калибровке для широкого диапазона матриц/основных компонент, использовалась собственная процедура SPECTRO (комбинация Комптоновской корреляции и аппроксимация методом фундаментальных параметров).

Определяемые элементы и диапазоны калибровки приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Определяемые элементы, Диапазон калибровки и количество стандартов используемых для калибровки

| Атомный номер, Z | Символ | Элемент | Диапазон калибровки | |
|------------------|--------|----------|--------------------------|------------------------------|
| | | | Предел обнаружения, µg/g | Максимальная концентрация, % |
| 11 | Na | Натрий | 1000 | 39,40 |
| 12 | Mg | Магний | 100 | 60,30 |
| 13 | Al | Алюминий | 20 | 33,30 |
| 14 | Si | Кремний | 5 | 42,20 |
| 15 | P | Фосфор | 3 | 14,50 |
| 16 | S | Сера | 2 | 23,10 |
| 17 | Cl | Хлор | 2 | 60,70 |
| 19 | K | Калий | 10 | 6,40 |
| 20 | Ca | Кальций | 10 | 46,70 |
| 22 | Ti | Титан | 5 | 60,00 |
| 23 | V | Ванадий | 5 | 60,00 |
| 24 | Cr | Хром | 5 | 33,50 |
| 25 | Mn | Марганец | 5 | 49,20 |
| 26 | Fe | Железо | 5 | 66,60 |
| 27 | Co | Кобальт | 3 | 73,40 |
| 28 | Ni | Никель | 1 | 77,80 |
| 29 | Cu | Медь | 1 | 79,90 |
| 30 | Zn | Цинк | 1 | 80,30 |
| 31 | Ga | Галлий | 1 | 0,01 |
| 32 | Ge | Германий | 1 | 0,01 |
| 33 | As | Мышьяк | 1 | 0,40 |
| 34 | Se | Селен | 1 | 0,08 |
| 35 | Br | Бром | 1 | 0,08 |
| 37 | Rb | Рубидий | 3 | 0,85 |
| 38 | Sr | Стронций | 5 | 0,87 |
| 39 | Y | Иттрий | 7 | 0,07 |
| 40 | Zr | Цирконий | 500 | 47,40 |
| 41 | Nb | Ниобий | 10 | 0,02 |
| 42 | Mo | Молибден | 10 | 12,50 |
| 47 | Ag | Серебро | 5 | 0,02 |
| 48 | Cd | Кадмий | 5 | 87,60 |
| 50 | Sn | Олово | 5 | 0,00 |
| 51 | Sb | Сурьма | 6 | 78,70 |
| 52 | Te | Теллур | 6 | 0,08 |
| 53 | I | Иод | 7 | 0,08 |
| 55 | Cs | Цезий | 8 | 0,03 |
| 56 | Ba | Барий | 8 | 43,00 |
| 57 | La | Лантан | 10 | 0,13 |
| 58 | Ce | Церий | 12 | 0,22 |
| 72 | Hf | Гафний | 2 | 1,10 |
| 73 | Ta | Тантал | 2 | 81,90 |
| 74 | W | Вольфрам | 2 | 0,05 |
| 80 | Hg | Ртуть | 2 | 0,01 |
| 81 | Tl | Таллий | 2 | 0,08 |
| 82 | Pb | Свинец | 2 | 92,80 |
| 83 | Bi | Висмут | 2 | 0,02 |
| 90 | Th | Торий | 3 | 0,01 |
| 92 | U | Уран | 3 | 0,07 |

5. Аналитические результаты

Результаты измерений представлены в сводной таблице 3. В данной сводной таблице присутствуют химические элементы, присутствующие в пробах, концентрации которых соответствуют высоким уровням – основные элементы, и примесные элементы. Химические элементы со следовыми и нулевыми концентрациями исключены из сводной таблицы. В приложении 1 приведены полные протоколы испытаний проб порошков "0", "1", "2" и "3".

Таблица 3 – Аналитические результаты проб порошков "0", "1", "2" и "3".

| Атомный номер, Z | Символ | Элемент | Проба "0" | Проба "1" | Проба "2" | Проба "3" | Единицы измерения* |
|------------------|--------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|
| 11 | Na | Натрий | 0,246 | 0,306 | 0,308 | 0,322 | % |
| 12 | Mg | Магний | 31,28 | 26,55 | 27,65 | 33,3 | % |
| 13 | Al | Алюминий | 0,4127 | 0,455 | 0,4803 | 0,4892 | % |
| 14 | Si | Кремний | 27,78 | 28,21 | 29,13 | 27,49 | % |
| 15 | P | Фосфор | < 3,0 | < 3,0 | < 3,0 | 23,9 | µg/g |
| 16 | S | Сера | < 0,00020 | < 0,00020 | < 0,00020 | 0,02921 | % |
| 17 | Cl | Хлор | 169,6 | 211,4 | 312,9 | 312,3 | µg/g |
| 20 | Ca | Кальций | 2,993 | 3,178 | 3,162 | 2,319 | % |
| 22 | Ti | Титан | 0,02102 | 0,02525 | 0,02319 | 0,0429 | % |
| 23 | V | Ванадий | 103,1 | 123,8 | 132,1 | 128,3 | µg/g |
| 24 | Cr | Хром | 1094 | 1373 | 1386 | 1040 | µg/g |
| 25 | Mn | Марганец | 1182 | 1175 | 1159 | 848,8 | µg/g |
| 26 | Fe | Железо | 3,134 | 3,448 | 3,429 | 2,759 | % |
| 27 | Co | Кобальт | 217 | 215 | 222 | 215 | µg/g |
| 28 | Ni | Никель | 2445 | 3136 | 3152 | 2728 | µg/g |
| 29 | Cu | Медь | 21,6 | 23,8 | 30,1 | 16,1 | µg/g |
| 30 | Zn | Цинк | 73,3 | 71,5 | 73,7 | 2877 | µg/g |
| 38 | Sr | Стронций | 46,5 | 47,7 | 52,1 | 174,9 | µg/g |
| 40 | Zr | Цирконий | 1126 | 1179 | 1223 | 1096 | µg/g |
| 72 | Hf | Гафний | 16,9 | 23,6 | 23,9 | 23,9 | µg/g |
| 73 | Ta | Тантал | 17 | 17,6 | 14,8 | 14,8 | µg/g |
| 82 | Pb | Свинец | 17,7 | 12,4 | 21,4 | 1454 | µg/g |

* Для справки – $1 \mu\text{g/g} = 1 \cdot 10^{-4}\%$

Список приложений:

1. Приложение 1: протоколы испытаний проб порошков "0", "1", "2" и "3" на 4^х листах.
2. Приложение 2: Сертификат об утверждении типа средств измерений на 1^{-ном} листе.

Отчет составлен на 9 листах.

Протоколы испытаний пробы "0"

| Название | 0 | Название | 08/24/2009 :: | | | | |
|----------|--------|----------|------------------------|--------------|------|--------|------|
| Описание | | Метод | TurboQuant- Powders | | | | |
| Z | Символ | Элемент | Интенсивн. Норм. | Концентрация | | Ошибка | |
| 11 | Na | Натрий | 16,9576 | 0,246 | % | 0,011 | % |
| 12 | Mg | Магний | 3803,1541 | 31,28 | % | 0,03 | % |
| 13 | Al | Алюминий | 138,9907 | 0,4127 | % | 0,0033 | % |
| 14 | Si | Кремний | 20636,848 | 27,78 | % | 0,02 | % |
| 15 | P | Фосфор | 0 | < 3,0 | µg/g | 0 | µg/g |
| 16 | S | Сера | 14,184 | < 0,00020 | % | 0 | % |
| 17 | Cl | Хлор | 142,0803 | 169,6 | µg/g | 0,8 | µg/g |
| 19 | K | Калий | 0 | < 0,0010 | % | 0 | % |
| 20 | Ca | Кальций | 794,331 | 2,993 | % | 0,006 | % |
| 22 | Ti | Титан | 9,0089 | 0,02102 | % | 0,0009 | % |
| 23 | V | Ванадий | 5,6563 | 103,1 | µg/g | 6,7 | µg/g |
| 24 | Cr | Хром | 183,3385 | 1094 | µg/g | 6 | µg/g |
| 25 | Mn | Марганец | 238,0827 | 1182 | µg/g | 7 | µg/g |
| 26 | Fe | Железо | 9685,3874 | 3,134 | % | 0,003 | % |
| 27 | Co | Кобальт | 18,3706 | 217 | µg/g | 19 | µg/g |
| 28 | Ni | Никель | 1592,013 | 2445 | µg/g | 5 | µg/g |
| 29 | Cu | Медь | 18,7431 | 21,6 | µg/g | 0,7 | µg/g |
| 30 | Zn | Цинк | 83,0745 | 73,3 | µg/g | 0,6 | µg/g |
| 31 | Ga | Галлий | 0 | < 0,5 | µg/g | 0 | µg/g |
| 32 | Ge | Германий | 0 | < 0,5 | µg/g | 0 | µg/g |
| 33 | As | Мышьяк | 10,3567 | 4 | µg/g | 0,3 | µg/g |
| 34 | Se | Селен | 2,7987 | 1 | µg/g | 0,1 | µg/g |
| 35 | Br | Бром | 3,1908 | 1 | µg/g | 0,1 | µg/g |
| 37 | Rb | Рубидий | 3,6516 | 0,7 | µg/g | 0,1 | µg/g |
| 38 | Sr | Стронций | 278,7597 | 46,5 | µg/g | 0,2 | µg/g |
| 39 | Y | Иттрий | 8,7785 | 1,4 | µg/g | 0,2 | µg/g |
| 40 | Zr | Цирконий | 460,2146 | 1126 | µg/g | 3 | µg/g |
| 41 | Nb | Ниобий | 1,0149 | 1,9 | µg/g | 0,2 | µg/g |
| 42 | Mo | Молибден | 0 | < 1,0 | µg/g | 0 | µg/g |
| 47 | Ag | Серебро | 0 | < 2,0 | µg/g | 0 | µg/g |
| 48 | Cd | Кадмий | 0 | < 2,0 | µg/g | 0 | µg/g |
| 50 | Sn | Олово | 6,7745 | 7,9 | µg/g | 0,5 | µg/g |
| 51 | Sb | Сурьма | 3,1581 | 2,5 | µg/g | 0,3 | µg/g |
| 52 | Te | Теллур | 3,7395 | < 3,0 | µg/g | 0 | µg/g |
| 53 | I | Иод | 0 | < 3,0 | µg/g | 0 | µg/g |
| 55 | Cs | Цезий | 0 | < 4,0 | µg/g | 0 | µg/g |
| 56 | Ba | Барий | 2,1974 | < 2,0 | µg/g | 0 | µg/g |
| 57 | La | Лантан | 0 | < 2,0 | µg/g | 0 | µg/g |
| 58 | Ce | Церий | 0 | < 2,0 | µg/g | 0 | µg/g |
| 72 | Hf | Гафний | 8,3668 | 16,9 | µg/g | 0,8 | µg/g |
| 73 | Ta | Тантал | 8,5187 | 17 | µg/g | 2,3 | µg/g |
| 74 | W | Вольфрам | 0 | < 1,0 | µg/g | 0 | µg/g |
| 80 | Hg | Ртуть | 4,5976 | 3,1 | µg/g | 0,2 | µg/g |
| 81 | Tl | Таллий | 4,475 | 2,2 | µg/g | 0,2 | µg/g |
| 82 | Pb | Свинец | 24,9434 | 17,7 | µg/g | 0,4 | µg/g |
| 83 | Bi | Висмут | 2,7693 | 1,7 | µg/g | 0,2 | µg/g |
| 90 | Th | Торий | 0,4852 | < 0,2 | µg/g | -0,2 | µg/g |
| 92 | U | Уран | 9,6019 | 1 | µg/g | 0,1 | µg/g |

Протокол испытаний для пробы "1"

| Название | 1 | Название | 08/24/2009 :: | | | | |
|----------|--------|----------|--------------------|--------------|--|-----------|--|
| Описание | | Метод | TurboQuant-Powders | | | | |
| Z | Символ | Элемент | Интенсивн. Норм. | Концентрация | | Ошибка | |
| 11 | Na | Натрий | 18,021 | 0,306 % | | 0,013 % | |
| 12 | Mg | Магний | 3850,853 | 26,55 % | | 0,03 % | |
| 13 | Al | Алюминий | 159,9771 | 0,455 % | | 0,0033 % | |
| 14 | Si | Кремний | 20707,23 | 28,21 % | | 0,02 % | |
| 15 | P | Фосфор | 0 | < 3,0 µg/g | | 0 µg/g | |
| 16 | S | Сера | 13,9895 | < 0,00020 % | | 0 % | |
| 17 | Cl | Хлор | 155,751 | 211,4 µg/g | | 1 µg/g | |
| 19 | K | Калий | 0 | < 0,0010 % | | 0 % | |
| 20 | Ca | Кальций | 745,3383 | 3,178 % | | 0,006 % | |
| 22 | Ti | Титан | 9,5597 | 0,02525 % | | 0,00098 % | |
| 23 | V | Ванадий | 6,0402 | 123,8 µg/g | | 7,4 µg/g | |
| 24 | Cr | Хром | 201,5436 | 1373 µg/g | | 8 µg/g | |
| 25 | Mn | Марганец | 207,2842 | 1175 µg/g | | 7 µg/g | |
| 26 | Fe | Железо | 9318,1 | 3,448 % | | 0,003 % | |
| 27 | Co | Кобальт | 16,1231 | 215 µg/g | | 22 µg/g | |
| 28 | Ni | Никель | 1792,162 | 3136 µg/g | | 6 µg/g | |
| 29 | Cu | Медь | 18,1064 | 23,8 µg/g | | 0,8 µg/g | |
| 30 | Zn | Цинк | 71,0844 | 71,5 µg/g | | 0,7 µg/g | |
| 31 | Ga | Галлий | 0 | < 0,5 µg/g | | 0 µg/g | |
| 32 | Ge | Германий | 0,6896 | < 0,4 µg/g | | -0,4 µg/g | |
| 33 | As | Мышьяк | 11,5287 | 5,1 µg/g | | 0,3 µg/g | |
| 34 | Se | Селен | 3,9428 | 1,5 µg/g | | 0,1 µg/g | |
| 35 | Br | Бром | 3,3863 | 1,2 µg/g | | 0,2 µg/g | |
| 37 | Rb | Рубидий | 5,246 | 1,1 µg/g | | 0,1 µg/g | |
| 38 | Sr | Стронций | 253,675 | 47,7 µg/g | | 0,2 µg/g | |
| 39 | Y | Иттрий | 9,8023 | 1,8 µg/g | | 0,2 µg/g | |
| 40 | Zr | Цирконий | 434,1953 | 1179 µg/g | | 3 µg/g | |
| 41 | Nb | Ниобий | 1,2389 | 2,6 µg/g | | 0,3 µg/g | |
| 42 | Mo | Молибден | 3,4169 | 6,6 µg/g | | 0,7 µg/g | |
| 47 | Ag | Серебро | 0 | < 2,0 µg/g | | 0 µg/g | |
| 48 | Cd | Кадмий | 0 | < 2,0 µg/g | | 0 µg/g | |
| 50 | Sn | Олово | 4,6312 | 3,1 µg/g | | 0,2 µg/g | |
| 51 | Sb | Сурьма | 1,7945 | < 3,0 µg/g | | 0 µg/g | |
| 52 | Te | Теллур | 2,0747 | < 3,0 µg/g | | 0 µg/g | |
| 53 | I | Иод | 0 | < 3,0 µg/g | | 0 µg/g | |
| 55 | Cs | Цезий | 0 | < 4,0 µg/g | | 0 µg/g | |
| 56 | Ba | Барий | 1,5978 | < 2,0 µg/g | | 0 µg/g | |
| 57 | La | Лантан | 0 | < 2,0 µg/g | | 0 µg/g | |
| 58 | Ce | Церий | 2,0255 | < 2,0 µg/g | | 0 µg/g | |
| 72 | Hf | Гафний | 9,8165 | 23,6 µg/g | | 0,9 µg/g | |
| 73 | Ta | Тантал | 7,8998 | 17,6 µg/g | | 2,7 µg/g | |
| 74 | W | Вольфрам | 0 | < 1,0 µg/g | | 0 µg/g | |
| 80 | Hg | Ртуть | 4,7846 | 3,8 µg/g | | 0,3 µg/g | |
| 81 | Tl | Таллий | 4,5753 | 2,5 µg/g | | 0,2 µg/g | |
| 82 | Pb | Свинец | 15,424 | 12,4 µg/g | | 0,5 µg/g | |
| 83 | Bi | Висмут | 4,8988 | 3,9 µg/g | | 0,3 µg/g | |
| 90 | Th | Торий | 0,1998 | < 0,1 µg/g | | -0,1 µg/g | |
| 92 | U | Уран | 9,6881 | 1,2 µg/g | | 0,1 µg/g | |

Протокол испытаний для пробы "2"

| Название | 2 | Название | 08/24/2009 :: | | | | |
|----------|--------|----------|------------------------|--------------|------|---------|------|
| Описание | | Метод | TurboQuant- Powders | | | | |
| Z | Символ | Элемент | Интенсивн. Норм. | Концентрация | | Ошибка | |
| 11 | Na | Натрий | 18,185 | 0,308 | % | 0,013 | % |
| 12 | Mg | Магний | 3989,532 | 27,65 | % | 0,03 | % |
| 13 | Al | Алюминий | 168,156 | 0,4803 | % | 0,0034 | % |
| 14 | Si | Кремний | 21486,57 | 29,13 | % | 0,02 | % |
| 15 | P | Фосфор | 0 | < 3,0 | µg/g | 0 | µg/g |
| 16 | S | Сера | 13,4923 | < 0,00020 | % | 0 | % |
| 17 | Cl | Хлор | 207,8598 | 312,9 | µg/g | 1,3 | µg/g |
| 19 | K | Калий | 0 | < 0,0010 | % | 0 | % |
| 20 | Ca | Кальций | 749,4636 | 3,162 | % | 0,006 | % |
| 22 | Ti | Титан | 8,8722 | 0,02319 | % | 0,00099 | % |
| 23 | V | Ванадий | 6,6215 | 132,1 | µg/g | 7,4 | µg/g |
| 24 | Cr | Хром | 205,6349 | 1386 | µg/g | 8 | µg/g |
| 25 | Mn | Марганец | 206,8762 | 1159 | µg/g | 7 | µg/g |
| 26 | Fe | Железо | 9371,949 | 3,429 | % | 0,003 | % |
| 27 | Co | Кобальт | 16,7591 | 222 | µg/g | 22 | µg/g |
| 28 | Ni | Никель | 1821,234 | 3152 | µg/g | 6 | µg/g |
| 29 | Cu | Медь | 23,1344 | 30,1 | µg/g | 0,8 | µg/g |
| 30 | Zn | Цинк | 74,0927 | 73,7 | µg/g | 0,7 | µg/g |
| 31 | Ga | Галлий | 0 | < 0,5 | µg/g | 0 | µg/g |
| 32 | Ge | Германий | 0 | < 0,5 | µg/g | 0 | µg/g |
| 33 | As | Мышьяк | 2,4632 | 1,1 | µg/g | 0,3 | µg/g |
| 34 | Se | Селен | 4,2695 | 1,6 | µg/g | 0,1 | µg/g |
| 35 | Br | Бром | 2,0719 | 0,7 | µg/g | 0,2 | µg/g |
| 37 | Rb | Рубидий | 4,2646 | 0,9 | µg/g | 0,1 | µg/g |
| 38 | Sr | Стронций | 279,2785 | 52,1 | µg/g | 0,3 | µg/g |
| 39 | Y | Иттрий | 6,6071 | 1,2 | µg/g | 0,2 | µg/g |
| 40 | Zr | Цирконий | 453,0575 | 1223 | µg/g | 3 | µg/g |
| 41 | Nb | Ниобий | 1,1205 | 2,3 | µg/g | 0,3 | µg/g |
| 42 | Mo | Молибден | 0 | < 1,0 | µg/g | 0 | µg/g |
| 47 | Ag | Серебро | 0 | < 2,0 | µg/g | 0 | µg/g |
| 48 | Cd | Кадмий | 0 | < 2,0 | µg/g | 0 | µg/g |
| 50 | Sn | Олово | 5,4945 | 5,2 | µg/g | 0,3 | µg/g |
| 51 | Sb | Сурьма | 3,1208 | 2,5 | µg/g | 0,3 | µg/g |
| 52 | Te | Теллур | 0 | < 3,0 | µg/g | 0 | µg/g |
| 53 | I | Иод | 1,4007 | 1,6 | µg/g | 0,7 | µg/g |
| 55 | Cs | Цезий | 0 | < 4,0 | µg/g | 0 | µg/g |
| 56 | Ba | Барий | 1,0763 | < 2,0 | µg/g | 0 | µg/g |
| 57 | La | Лантан | 0 | < 2,0 | µg/g | 0 | µg/g |
| 58 | Ce | Церий | 0 | < 2,0 | µg/g | 0 | µg/g |
| 72 | Hf | Гафний | 10,0555 | 23,9 | µg/g | 1 | µg/g |
| 73 | Ta | Тантал | 7,1238 | 14,8 | µg/g | 2,6 | µg/g |
| 74 | W | Вольфрам | 0 | < 1,0 | µg/g | 0 | µg/g |
| 80 | Hg | Ртуть | 6,3656 | 5,4 | µg/g | 0,3 | µg/g |
| 81 | Tl | Таллий | 5,4479 | 3 | µg/g | 0,2 | µg/g |
| 82 | Pb | Свинец | 26,8581 | 21,4 | µg/g | 0,4 | µg/g |
| 83 | Bi | Висмут | 5,3417 | 4 | µg/g | 0,3 | µg/g |
| 90 | Th | Торий | 0 | < 1,0 | µg/g | 0 | µg/g |
| 92 | U | Уран | 9,1282 | 0,9 | µg/g | 0,1 | µg/g |

Протокол испытаний для пробы "3"

| Название | 3 | Название | 08/24/2009 :: | | | | |
|----------|--------|----------|------------------------|--------------|------|---------|------|
| Описание | | Метод | TurboQuant- Powders | | | | |
| Z | Символ | Элемент | Интенсивн. Норм. | Концентрация | | Ошибка | |
| 11 | Na | Натрий | 20,4432 | 0,322 | % | 0,012 | % |
| 12 | Mg | Магний | 4067,127 | 33,3 | % | 0,03 | % |
| 13 | Al | Алюминий | 165,3268 | 0,4892 | % | 0,0035 | % |
| 14 | Si | Кремний | 21377,92 | 27,49 | % | 0,02 | % |
| 15 | P | Фосфор | 3,3467 | 23,9 | µg/g | 3,6 | µg/g |
| 16 | S | Сера | 117,2974 | 0,02921 | % | 0,00015 | % |
| 17 | Cl | Хлор | 231,8211 | 312,3 | µg/g | 1,2 | µg/g |
| 19 | K | Калий | 0 | < 0,0010 | % | 0 | % |
| 20 | Ca | Кальций | 676,8204 | 2,319 | % | 0,005 | % |
| 22 | Ti | Титан | 20,2171 | 0,0429 | % | 0,001 | % |
| 23 | V | Ванадий | 8,3042 | 128,3 | µg/g | 6,8 | µg/g |
| 24 | Cr | Хром | 191,6619 | 1040 | µg/g | 6 | µg/g |
| 25 | Mn | Марганец | 188,3222 | 848,8 | µg/g | 5,8 | µg/g |
| 26 | Fe | Железо | 9389,795 | 2,759 | % | 0,003 | % |
| 27 | Co | Кобальт | 19,8848 | 215 | µg/g | 20 | µg/g |
| 28 | Ni | Никель | 1962,698 | 2728 | µg/g | 5 | µg/g |
| 29 | Cu | Медь | 15,4266 | 16,1 | µg/g | 0,8 | µg/g |
| 30 | Zn | Цинк | 3589,571 | 2877 | µg/g | 4 | µg/g |
| 31 | Ga | Галлий | 0 | < 0,5 | µg/g | 0 | µg/g |
| 32 | Ge | Германий | 1,7727 | 0,8 | µg/g | 0,3 | µg/g |
| 33 | As | Мышьяк | 21,5783 | 7,8 | µg/g | 1,8 | µg/g |
| 34 | Se | Селен | 6,3099 | 2 | µg/g | 0,2 | µg/g |
| 35 | Br | Бром | 7,6764 | 2,3 | µg/g | 0,2 | µg/g |
| 37 | Rb | Рубидий | 0 | < 0,5 | µg/g | 0 | µg/g |
| 38 | Sr | Стронций | 1111,357 | 174,9 | µg/g | 0,4 | µg/g |
| 39 | Y | Иттрий | 0 | < 0,5 | µg/g | 0 | µg/g |
| 40 | Zr | Цирконий | 469,5824 | 1096 | µg/g | 3 | µg/g |
| 41 | Nb | Ниобий | 0,751 | 1,3 | µg/g | 0,3 | µg/g |
| 42 | Mo | Молибден | 0 | < 1,0 | µg/g | 0 | µg/g |
| 47 | Ag | Серебро | 0 | < 2,0 | µg/g | 0 | µg/g |
| 48 | Cd | Кадмий | 0,1532 | < 2,0 | µg/g | 0 | µg/g |
| 50 | Sn | Олово | 6,4628 | 7,1 | µg/g | 0,4 | µg/g |
| 51 | Sb | Сурьма | 2,3321 | 0,3 | µg/g | 0,1 | µg/g |
| 52 | Te | Теллур | 3,0634 | < 3,0 | µg/g | 0 | µg/g |
| 53 | I | Иод | 0 | < 3,0 | µg/g | 0 | µg/g |
| 55 | Cs | Цезий | 0 | < 4,0 | µg/g | 0 | µg/g |
| 56 | Ba | Барий | 1,0722 | < 2,0 | µg/g | 0 | µg/g |
| 57 | La | Лантан | 0 | < 2,0 | µg/g | 0 | µg/g |
| 58 | Ce | Церий | 0 | < 2,0 | µg/g | 0 | µg/g |
| 72 | Hf | Гафний | 10,9791 | C | µg/g | 1 | µg/g |
| 73 | Ta | Тантал | 17,0991 | 36,1 | µg/g | 2,8 | µg/g |
| 74 | W | Вольфрам | 0 | < 1,0 | µg/g | 0 | µg/g |
| 80 | Hg | Ртуть | 3,6509 | 2,1 | µg/g | 0,3 | µg/g |
| 81 | Tl | Таллий | 8,2778 | < 0,5 | µg/g | -0,2 | µg/g |
| 82 | Pb | Свинец | 2208,037 | 1454 | µg/g | 2 | µg/g |
| 83 | Bi | Висмут | 30,5737 | < 1,0 | µg/g | 0 | µg/g |
| 90 | Th | Торий | 0 | < 1,0 | µg/g | 0 | µg/g |
| 92 | U | Уран | 11,1426 | 1,7 | µg/g | 0,1 | µg/g |

Приложение 2