

# Археология

## Вступление

Изучение физико-химических свойств археологических объектов позволяет идентифицировать место создания артефактов, технологии их изготовления и пути распространения за пределы центров производства, восстановить хронологическую информацию, а также их первоначальный облик. Однако при исследованиях возникает ряд проблем, связанных с хрупкостью и высокой ценностью археологических артефактов. Благодаря своей неразрушающей природе, рентгенофлуоресцентный анализ стал незаменимым методом определения элементного состава таких находок. РФА позволяет сохранить целостность уникального археологического объекта и в то же время точно и быстро определить его состав.

## Оборудование

РФА спектрометры ElvaX широко применяются в лабораториях профильных институтов, музеев и экспертных центров для анализа состава археологических объектов. Портативные анализаторы – ProSpector 3, ElvaX Geo, а также мобильная мини-лаборатория ElvaX Mobile, благодаря своим компактным размерам и высокой точности, позволяют провести элементный анализ прямо на месте раскопок, не транспортируя образцы в лабораторию. Использование этих приборов значительно экономит время и повышает оперативность исследований. В большинстве случаев археологические объекты - это изделия из металлов или керамики. И если определение состава металлов и сплавов - это рутинная операция даже для портативных РФА анализаторов, то анализ керамики требует специальной методики.

## Методика

11 стандартных образцов керамики с разным содержанием элементов используются для калибровки спектрометров ElvaX Plus для анализа 8 следующих оксидов: Na<sub>2</sub>O, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO, TiO<sub>2</sub>. Расчет концентраций основан на методе фундаментальных параметров с предположением, что все элементы в образце представлены в виде оксидов. Учет потерь при прокаливании напрямую рентгенофлуоресцентным методом невозможен, поэтому для повышения точности, их необходимо определить другим методом и внести поправку в результаты измерений.

Режимы работы рентгеновской трубки оптимизируются для достижения максимальной чувствительности анализа интересующих элементов.

Типичное время анализа для достижения максимальной точности измерений составляет 30 - 60 секунд.

## Результаты

На рисунках 1-4 показаны сравнительные графики между аттестованными и измеренными на спектрометре ElvaX Plus концентрациями для основных оксидов в керамике. Полученные данные аппроксимированы линейной функцией. R2 – это коэффициент достоверности аппроксимации, который показывает, насколько точно результаты измерений соответствуют аттестованным значениям. Идеальное соответствие имеет место при значении R2, равном единице.

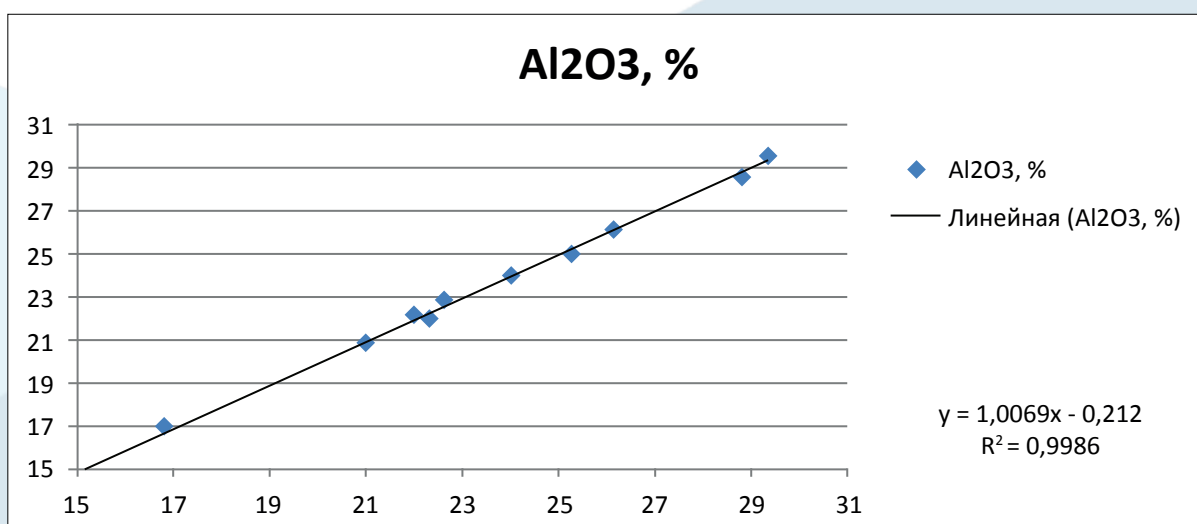


Рисунок 1. График соответствия по оксиду алюминия в керамике.

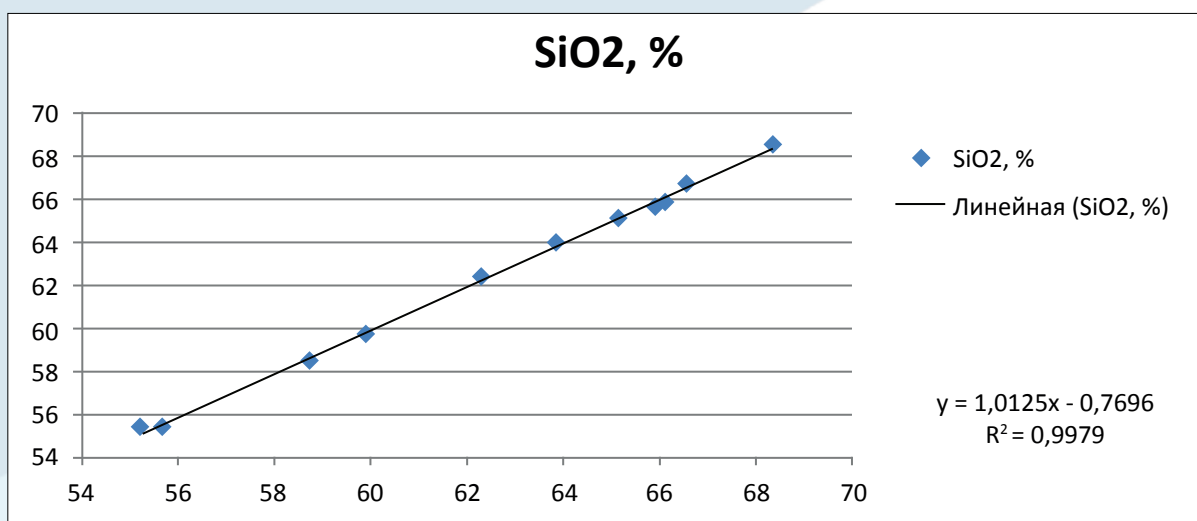


Рисунок 2. График соответствия по оксиду кремния в керамике.

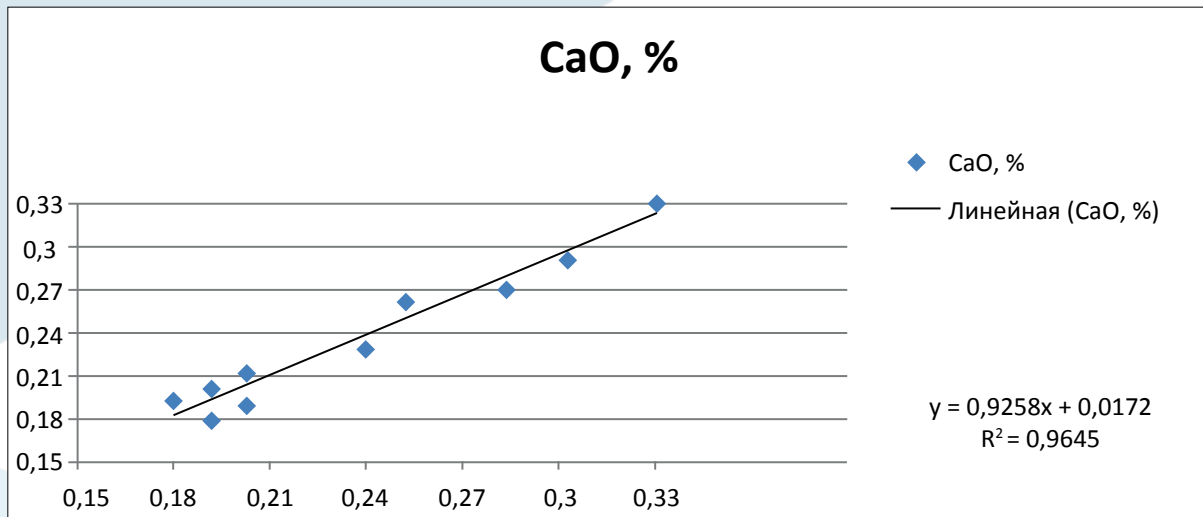


Рисунок 3. График соответствия по оксиду кальция в керамике.

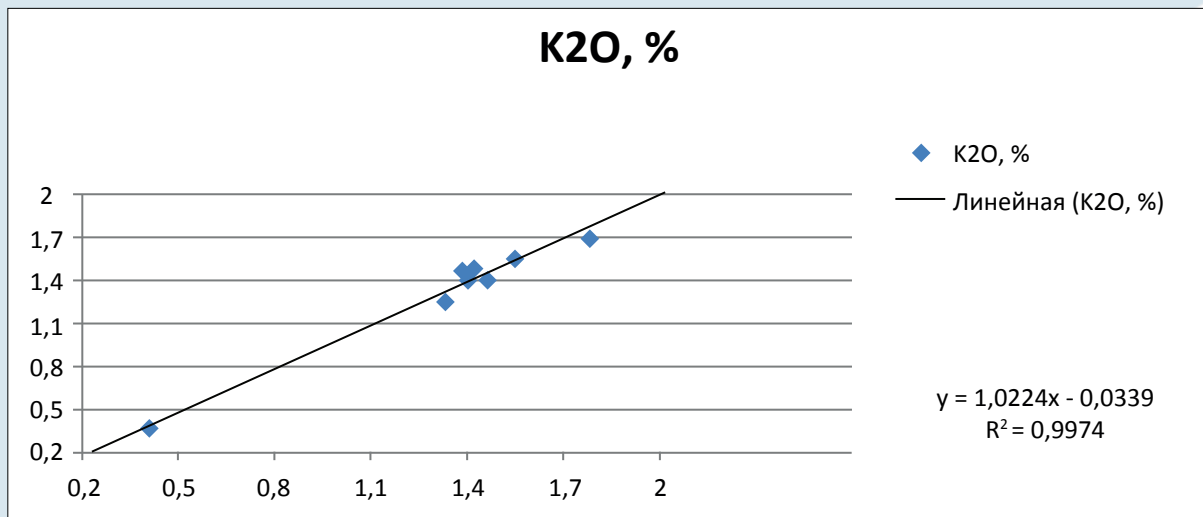


Рисунок 4. График соответствия по оксиду калия в керамике.

Ниже приведен тест повторяемости результатов. Один образец керамики был измерен 10 раз по 60 секунд. Рассчитаны среднее значение, среднеквадратическое отклонение (СКО) и относительное СКО (оСКО - в процентах) для концентраций основных оксидов. Результаты теста представлены в таблице 1.

<b>Элемент</b>	<b>Среднее, %</b>	<b>СКО, %</b>	<b>% оСКО</b>
<b><i>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i></b>	14,51	0,099	0,683
<b><i>SiO<sub>2</sub></i></b>	65,21	0,114	0,175
<b><i>CaO</i></b>	0,05	0,0112	21,961
<b><i>K<sub>2</sub>O</i></b>	3,38	0,085	2,517
<b><i>TiO<sub>2</sub></i></b>	0,02	0,0048	26,667
<b><i>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i></b>	6,85	0,0932	1,36

Таблица 1. Тест повторяемости по одному образцу керамики.

## **Выводы**

Полученные результаты показывают отличную корреляцию между аттестованными и измеренными значениями концентраций основных оксидов в керамических образцах. Поэтому анализаторы ElvaX идеально подходят для быстрого, точного и воспроизводимого анализа археологических артефактов, не повреждая их целостности.