

ЭЛЕКТРОННЫЕ, ИОННЫЕ ПУЧКИ И ЭНЕРГОДИСПЕРСИОННЫЙ РЕНТГЕНОВСКИЙ МИКРОАНАЛИЗ В КОМПЛЕКСНОМ ИССЛЕДОВАНИИ ЗОЛОТЫХ НИТЕЙ КАК ЭЛЕМЕНТОВ ДЕКОРА СРЕДНЕВЕКОВОГО ТЕКСТИЛЯ

Е.А. Созонтов^{1,*}, **Э.А. Грешников**¹⁾, **И.Н. Трунькин**¹⁾, **И.И. Ёлкина**²⁾

¹⁾ Национальный Исследовательский Центр «Курчатовский институт», Москва, Россия

²⁾ Институт археологии РАН, Москва, Россия

* e-mail: esozontov@yahoo.com

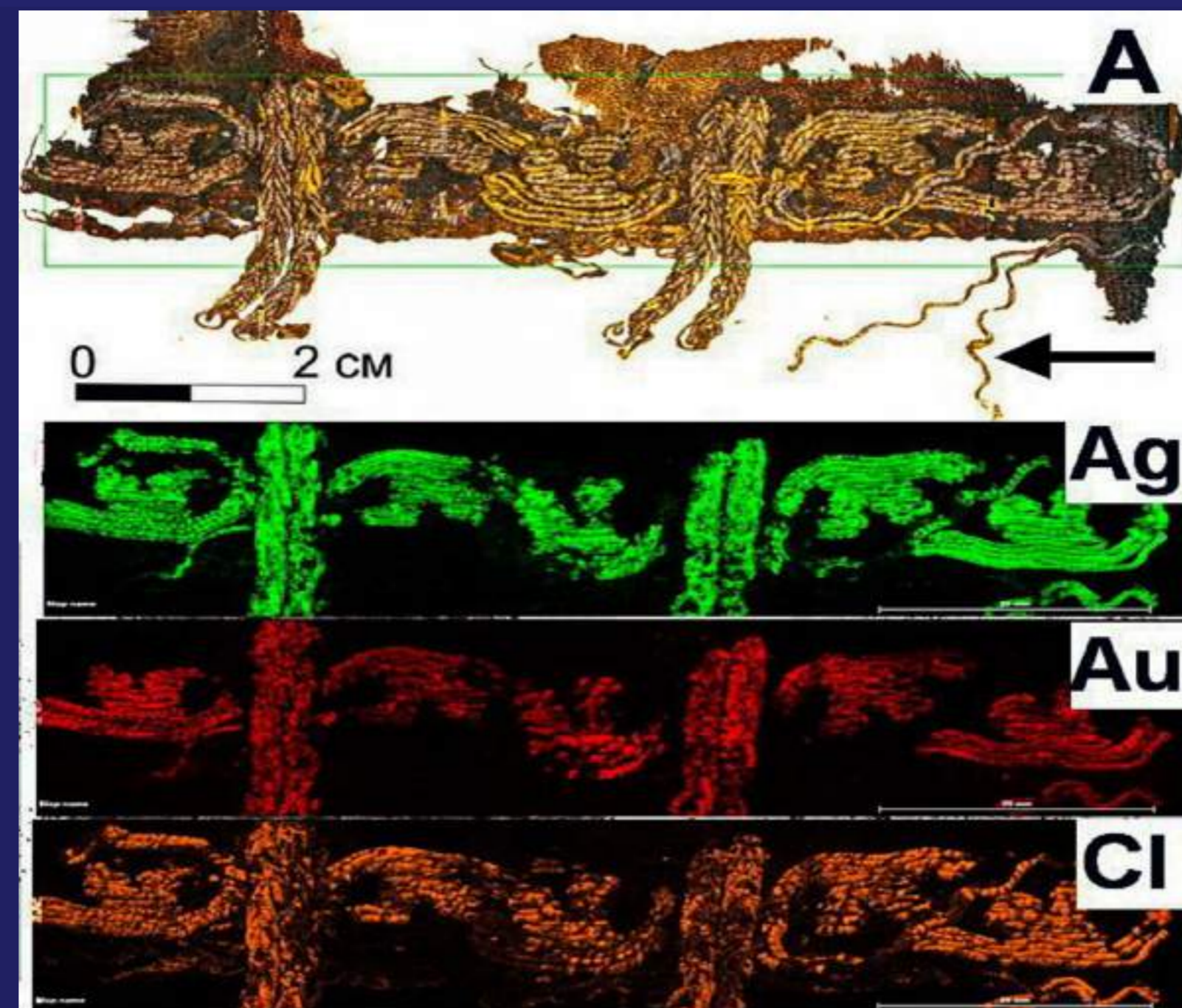
Мотивация: Археологические текстильные находки – важные многоаспектные исторические источники, информативность которых (материал, техника изготовления, орнаментация и т.д.) вскрывается лишь путем комплексного изучения. В настоящей работе развивается междисциплинарный подход при исследовании фрагментов текстиля (XVI-XVII вв.), найденных в ходе археологических работ (февраль 2021г.), проводимых Институтом археологии РАН в Москве на территории бывшей Гончарной слободы, используя комплекс комплексных аналитических методов. Ввиду того, что подлинных русских текстильных вещей XVI-XVII вв. в музейных собраниях крайне мало, археологический текстиль становится главным документальным источником информации по этой эпохе.

Задачи исследования: определение химического элементного состава, элементное профилирование, а также элементное картирование пряденых золотых нитей вышивки.

Методы исследования: оптическая микроскопия, трансмиссионная и растровая электронная микроскопия; методы рентгеновского флуоресцентного анализа и энергодисперсионного рентгеновского микроанализа, метод рентгеновского флуоресцентного элементного картирования, а также другие комплексные методы. Для изучения распределения элементного состава по толщине анализируемой ленты применялась техника фокусированного ионного пучка (ФИП).

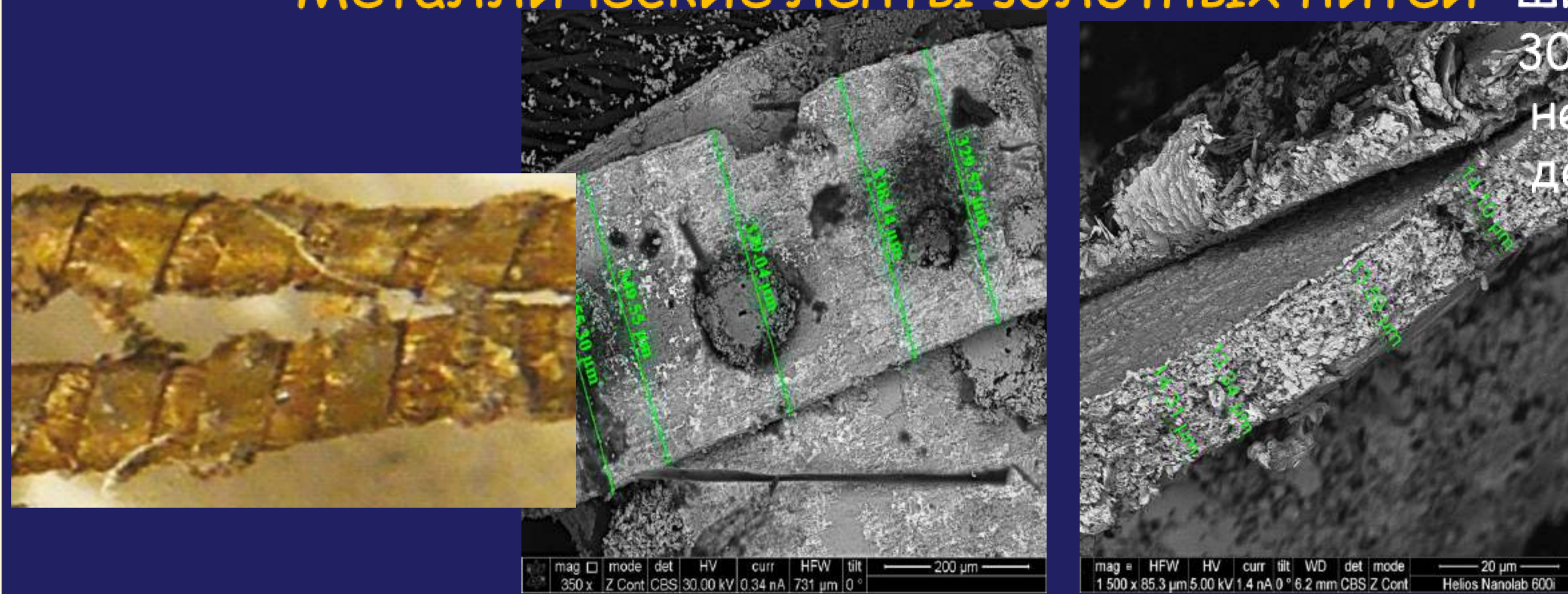
Объекты исследования: Золотые нити, как элемент декора средневекового текстиля, состоят из тонкой металлической ленты, как правило, драгоценного металла (золото, серебро), навитой спирально на нить-сердечник. Исследование морфологии и химического элементного состава приповерхностного слоя образца ленты проводилось с использованием двухлучевого электронно-ионного микроскопа Helios NanoLab 600i (Thermo Fisher Scientific), оснащенного Si(Li) детектором (EDAX) для энергодисперсионного рентгеновского микроанализа (РЭМ).

Основные результаты: В результате проведенных исследований было установлено следующее: волокном сердечника-основы золотых нитей является шелк; фрагменты золотого шитья на ткани изготавливались путем оплетки соседних нитей ткани серебряной (с примесью меди и золота) лентой шириной около 400 микрон и толщиной 14-40 микрон с нанесенным на ее поверхность слоем золота толщиной 1.5-2 микрона. Проведена реконструкция способа изготовления ленты и высказаны предположения возможного способа нанесения золотого слоя. Наиболее вероятным способом золочения в исследуемых образцах золотых нитей был способ диффузионного соединения (Diffusion bonding).

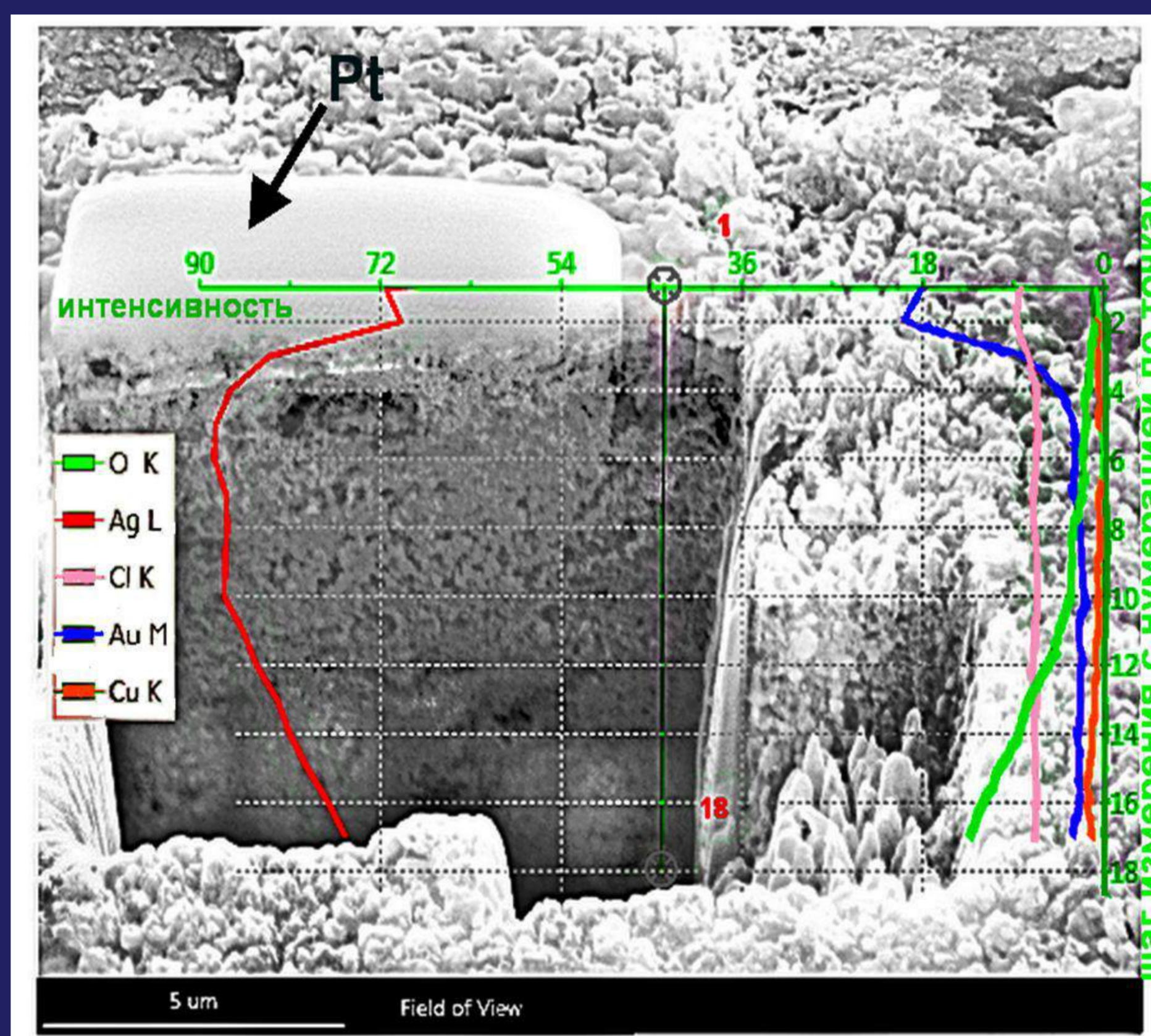


Фрагмент текстиля с декором. Фотография (А) фрагмента текстиля (прямоугольником зеленого цвета выделена область сканирования), декорированного золотыми нитями (указано стрелкой) и карты распределения элементов (Ag, Au, Cl).

Металлические ленты золотых нитей Ширина ленты составляла 300-400 мкм, а толщина не превышала нескольких десятков мкм.



Золотые нити: элементное профилирование



Золотые нити: РЭМ-изображение профиля «шахты», полученной ионным травлением с измерениями элементного состава по толщине по 18 точкам (расстояние между двумя соседними точками измерения составляло 0,5 мкм). Для исследования распределения элементного состава по толщине анализируемой ленты применялась техника фокусированного ионного пучка (ФИП). Предварительно на поверхность исследуемого образца был нанесен защитный слой платины (Pt), а затем ионами Ba⁺ с ускоряющим напряжением 16 кэВ была вытравлена «шахта» сечением 10x10 мкм на глубину около 10 мкм. Измерение профиля распределения элементного состава по глубине «шахты» проводилось методами РЭМ-ЭДРМ.

Золотые нити: изменение элементного состава ленты-оплетки по толщине ленты

Точки	Расстояние от поверхности в глубину образца (мкм)	Элементы (масс %)				
		O K	Au M	Cl K	Ag L	Cu K
1	0	0.785	18.182	8.373	71.512	1.149
2	0.5	0.457	19.825	8.789	69.935	0.995
3	1	0.179	8.071	7.424	83.036	1.29
4	1.5	0.133	4.243	6.873	86.949	1.802
5	2	0.226	2.939	6.659	88.395	1.781
6	2.5	0	2.818	6.669	88.535	1.978
7	3	0.295	2.826	7.182	87.414	2.283
8	3.5	0.198	2.549	6.874	87.241	3.138
9	4	0.525	2.202	6.644	87.487	3.143
10	4.5	0.523	1.903	6.589	87.547	3.438
11	5	0.507	2.499	6.978	85.699	4.317
12	5.5	0.605	2.318	6.976	84.365	5.735
13	6	0.898	2.163	6.923	82.299	7.717
14	6.5	1.091	2.496	6.923	81.048	8.442
15	7	1.412	2.394	6.778	79.271	10.145
16	7.5	1.569	2.262	6.732	77.22	12.217
17	8	1.23	3.131	6.868	75.495	13.275
18	8.5	1.168	4.691	6.392	74.974	12.774

Согласно проведенным измерениям элементного состава по глубине вытравленной ионным пучком «шахты» в ленте-оплетке было установлено наличие золотого поверхностного покрытия толщиной примерно 1,5-2 микрона в котором содержание золота на поверхности возрастает до 18-20 масс %.

Одновременно мы наблюдаем на поверхности образца уменьшение содержания серебра до 70-71 масс % и уменьшение содержания меди до 1 масс %. По мере продвижения в глубину образца содержание золота резко падает и одновременно наблюдается рост содержания серебра и меди.

По данным проведенного анализа мы можем заключить, что лента была изготовлена из серебра с примесью меди и покрыта сверху тончайшим слоем золота. Способ нанесения золотого слоя и закрепления золотой ленты на нити будет изучен на следующем этапе исследования.

Исследование выполнено в НИЦ «Курчатовский институт». Образцы для исследований предоставлены Институтом археологии РАН.