

УДК 902.654

Ижевский П.В.¹, Панова Т.Д.², Федотов Ю.А.¹, Шейно И.Н.¹
¹Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна
²Музей-заповедник «Московский Кремль»

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В КОСТНЫХ ОСТАНКАХ ЛЮДЕЙ СРЕДНЕВЕКОВЬЯ

P. Izhevskij¹, T. Panova², J. Fedotov¹, I. Sheino¹
¹Federal State Institution A.I. Burnazyan Federal Medical
and Biophysical Center (SRC IBR), Moscow
²State Historical-cultural Museum-preserve 'Moscow Kremlin'

INVESTIGATION OF THE CONTENT OF HEAVY METALS IN BONE REMAINS OF MEDIEVAL PEOPLE

Аннотация. Проверена гипотеза об отравлении членов семьи удельных князей Старицких и царицы Марфы Собакиной (жена Ивана Грозного) методом рентгено-флуоресцентного анализа. Исследованы костные останки княгинь Ефросиньи и Евдокии Романовны Старицких, ребенка неизвестного пола 12 лет из захоронения последней, и царицы Марфы Собакиной. Для контроля исследованы костные останки современной женщины (умерла не от отравления соединениями тяжелых металлов). Гипотеза об отравлении исторических личностей не подтвердилась.

Ключевые слова: рентгено-флуоресцентный анализ, костные останки, XVI век, князя Старицкие, Марфа Собакина.

Abstract. The hypothesis is verified about poisoning the family of Feudal Prince Staritskii and Marfa Sobakina – the wife of Ivan the Terrible – by X-ray fluorescence analysis. We have studied the bone remains of Ephrosinia Staritskaya and Evdokiya Staritskaya, a 12-year-old child of unknown gender from the crypt of the latter, and Tsaritsa Marfa Sobakina. As a control, bone remains of a modern woman have been investigated, who died not from poisoning by heavy elements. The hypothesis about the poisoning of the considered historical personalities was not confirmed.

Key words: X-ray fluorescence analysis, bone remains, XVIth century, family of Prince Staritskii, Marfa Sobakina.

В российской археологической практике исследования городских средневековых грунтовых кладбищ и некрополей в храмах занимают значительное место. Но погребальный обряд, состояние останков и топография захоронений в храмах-усыпальницах древнерусских центров не часто становятся предметом дискуссии в научной периодике. Возросший в последние десятилетия XX столетия интерес к истории средневекового погребального обряда стал толчком к появлению ряда публикаций археологических данных по этим вопросам и в российской, и в европейской периодике [7; 8; 14, с. 187-223]. В них преимущественно рассматриваются вопросы, связанные с судьбами отдельных персонажей русской истории. На наш взгляд, представляют интерес данные о состоянии окружающей среды и условиях жизни в период средневековья, позволяющие, в некоторых случаях, «закрывать» отдельные белые пятна в истории России. Для этого используются такие методы анализа, как химический, спектральный, рентгено-флуоресцентный, молекулярно-генетический и некоторые другие. Все они названы здесь в той последовательности, в которой их использовали в СССР и России при исследованиях древних погребений во второй половине XX – начале XXI в.

© Ижевский П.В., Панова Т.Д., Федотов Ю.А., Шейно И.Н., 2013.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 13-06-00639 А «Исследование костных останков людей средневековья рентгенофлуоресцентным методом с целью определения содержания в них тяжелых металлов»).

Из данного перечня методов следует выделить те немногие исследования и публикации, проведенные для определения элементного состава костных останков людей русского средневековья. Одними из первых в России были проанализированы образцы костной ткани и волос из захоронений XVI столетия – царя Ивана IV Грозного, его сыновей Ивана и Федора и князя Михаила Скопина-Шуйского. Погребения размещаются в Архангельском соборе Московского Кремля, были вскрыты и исследованы в 1963-1964 гг. [а, с. 179-186]. Химический анализ останков удельного князя Дмитрия Шемяки (он погиб в 1453 г.) позволил выявить причину его смерти – отравление мышьяком [13, с. 210-217]. В результате атомно-абсорбционного спектрального анализа были обнаружены высокие концентрации ртути в тесьме волосника¹, обрывке савана и в кости скелета великой княгини Елены Глинской (мать Ивана Грозного). Содержание яда в исследованных тканях составило: 55 мкг/г (тесьма), 3 мкг/г (саван) и 0,36 мкг/г (кость) [5].

Следует признать редкость подобных исследований, в том числе в мировой археологической практике, особенно костных и иных (мышечной ткани, волос) останков известных исторических лиц, а также рядовых жителей русских средневековых городов. Все случаи, когда различными методами изучали микроэлементный состав останков людей прошлого, связаны с некрополем русских великих княгинь и цариц из Вознесенского монастыря в Московском Кремле (функционировал с XV до начала XVIII века) [6]. Такие исследования осуществляются наряду с ранее проведенными антропологическими и генетическими изысканиями, работами по восстановлению облика людей по черепам, с реставрацией погребальных одежд, изучением палеографии надписей на крышках белокаменных саркофагов, разработкой биографических очерков об усопших. В 2013 г. благодаря гранту РФФИ появилась дополнительная возможность изучить уникальные костные останки исторических женщин XVI

¹ волосник – женский головной убор

века (русских удельных княгинь и царицы), чтобы детектировать в них тяжелые металлы как возможную причину их гибели. Последнее и составило цель данной работы. Задачи исследования заключались в получении и анализе спектров элементного состава материальных образцов:

- костных останков исторических личностей XVI в. – русских удельных княгинь и цариц;

- сухих остатков мягких тканей («тлен») и погребальных одежд («шелк») тех же исторических личностей XVI в.;

- фрагментов костной ткани трупа погибшей в 2013 г. женщины сопоставимого с историческими личностями возраста.

Материалы и метод исследования. Исследованные образцы – это костные останки удельных княгинь Ефросинии и Евдокии Романовны Старицких, ребенка неизвестного пола в возрасте около 12 лет из саркофага Евдокии Романовны, и кость царицы Марфы Собакиной (все из некрополя в Московском Кремле). В письменных источниках русского средневековья сохранились сведения об отравлении как причине гибели первых трех из них. Ранняя смерть царицы Марфы также вызывала предположения о том, что она не была естественной.

Для исключения предположения о возможности поступления в костную ткань тяжелых металлов из мягких тканей, грунта и материала саркофага, был проведен анализ проб, взятых с места захоронения. В качестве контроля использовано сопоставимое количество образцов костной ткани взятой из трупа погибшей (не от отравления тяжелыми металлами) в 2013 г. женщины. Количество проанализированной нами костной ткани составляло не менее 3-х образцов от каждого скелета. Для анализа брали фрагменты плоских губчатых костей: ребер, грудины и подвздошной кости. Кроме этого, анализировали сухие остатки мягких тканей (тлен) и погребальных одежд (шелк).

Детектирование тяжелых металлов в останках проводилось методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) с помощью

установки «Х-арт М» (производства ООО «Комита», г. Санкт-Петербург), для которой нами разработаны методики измерения образцов и первоначальной обработки полученных данных [11]. Установка «Х-Арт М» – универсальный рентгено-флуоресцентный энергодисперсионный анализатор, предназначенный для экспресс-анализа химического состава различных объектов [9]. Установка позволяет одновременно («на воздухе») анализировать элементы в диапазоне от магния до урана. Характерный порог обнаружения составляет $10^{-4}\%$. Все элементы, включая некоторые редкоземельные, анализируются по К-сериям характеристического излучения.

Анализатор особенно эффективен в тех случаях, когда объект или эталон должен быть сохранен. Это приобретает особую важность при исследовании археологических образцов. Опыт применения «Х-Арт М» показал его пригодность для анализа произведений искусства, реставрации и археометрии¹ [4; 10], а также в криминалистике и судебно-медицинской экспертизе (анализ следовых количеств при переносе вещества от одного к другому, костных тканей и др. [3]), что обусловило выбор нами данного аппарата. Подбор режима измерения образцов на установке «Х-арт М» определяется комбинацией нескольких параметров детектирующей системы:

- током, подаваемом на анод рентгеновской трубки (I_a);
- напряжением между катодом и анодом рентгеновской трубки (U);
- временем измерения (набора спектра);
- геометрией пучка;
- фильтрацией пучка.

Ток, подаваемый на анод рентгеновской трубки («анодный ток»), определяет поток электронов между анодом и катодом. Он косвенно определяет величину потока получаемых квантов рентгеновского излучения. Чем выше анодный ток, тем больше мощность рентгеновского излучения. Напряжение определяет энергию электронов, двигающихся в зазоре между анодом и катодом и, как следствие, максимальную энергию квантов

¹ анализ древностей

рентгеновского излучения. Время измерения, наравне с величиной анодного тока трубки, определяет число событий, фиксируемое детектирующей системой. Геометрия пучка определяется величиной диафрагмы пучка и задаёт рабочую область анализатора. Система фильтрации обеспечивает отсеечение низкоэнергетических квантов рентгеновского излучения.

Для увеличения общего выхода квантов нами выбран режим «без фильтрации». Для увеличения попадания исследуемого материала в рабочую область детектирующей системы была выбрана широкая геометрия пучка. Регистрация наиболее интересных элементов производилась по их L β -линиям. В частности, L α -линии ртути и свинца находятся в диапазоне, близком к 10 КэВ. Рабочее напряжение на трубке при проведении измерений выбрано 20 КэВ. Проводился подбор оптимального режима измерений для визуализации пиков тяжелых элементов. Параметрами оптимизации были «время набора спектра» и «величина анодного тока». Режимы измерений варьировали для разных образцов и разных положений каждого образца. В результате было выбрано оптимальное время измерения – 600 сек. В целях радиационной безопасности во время «набора спектра» сотрудник выходит из лабораторного помещения.

Перед началом измерений рентгеновская трубка прогревалась и проводилась калибровка по K α 1-линиям алюминия и меди. Оптимальным анодным током выбрано 20 мкА, что обеспечивает, вместе со временем измерения 600 сек., достаточную статистику набираемого спектра и не наносит ущерба проводящему измерение сотруднику. Лишь при исследовании костных останков царицы Марфы, в качестве исключения (для проверки гипотезы об её отравлении), величина анодного тока составила 40 мкА. Образцы перед измерением протирались спиртом или заворачивались в поликарбонатную плёнку в 2 слоя и помещались сверху на измерительный блок анализатора так, чтобы расстояние между образцом и детектором было

минимальным (рис. 1а). Положение образца контролировалось с помощью монитора так, чтобы образец занимал всю область широкой геометрии пучка (большой пунктирный круг на экране монитора). Положение образца на анализаторе фиксировалось с помощью фотоснимков измерительного блока и экрана монитора (рис. 1б).

Само измерение производится в последовательности: выставляется режим измерения, запускается набор спектра сотрудник выходит из лабораторного помещения на время измерения. По окончании набора спектра определяются возможные пики, выставляются маркеры элементов и квантили пиков. Значения числа событий в максимуме интересующих пиков, а также площадь пиков за вычетом линейного фона, записываются в файл Excel, где проводится усреднение в случае нескольких измерений одной позиции и оценка статистического отклонения. Показано, что все рассмотренные моменты удовлетворяют заявленным выше критериям оптимального режима измерений, а также безопасности проводящего их сотрудника. Проверена воспроизводимость результатов измерений. Показано, что качество получае-

мого результата зависит в основном от точности попадания образца в рабочую область детектирующей системы.

Результаты исследования. Проанализированные костные останки царицы Марфы (умерла 13 ноября 1571; «большое» ребро, «малое» ребро, грудина), удельной княгини Евдокии Романовны Старицкой (умерла 9 октября 1569 г.; грудина, «малое» ребро), Ефросинии Старицкой (умерла 20 октября 1569 г.; большое ребро, малое ребро, подвздошная кость) и ребенка 12 лет (умер 20 октября 1569 г.; малое ребро). Образцы и режимы измерений приведены в табл. 1.

Для контроля исследованы костные останки и соскоб соединительной ткани (кости таза, малое и большое ребро, грудина) женщины возраста 39 лет, скончавшейся в мае 2013 г. Также исследованы шелк и тлен из захоронений княгини Ефросиньи Старицкой и царицы Марфы Собакиной, а также из захоронений Елены Глинской и захоронения Пн. 47 (контроль). Сводные результаты представлены в табл. 2.

Из рассмотрения были исключены результаты тех измерений, при которых основная часть исследуемого образца не попала в



1а



1б

Рис. 1. Положение для измерения костных останков:
1а - Размещение образца на измерительном блоке анализатора X-art M,
1б - Подгонка положения образца для охвата всей рабочей области анализатора.

Таблица 1

Образцы исторических личностей и режимы измерений

Кость	Грудина				Малое ребро				Большое ребро				Кость таза			
	I mkA	t sek	Measu- re-ment	Тяжёлые металлы	I mkA	t sek	Measu- re-ment	Тяжёлые металлы	I mkA	t sek	Measu- re-ment	Тяжёлые металлы	I mkA	t sek	Measu- re-ment	Тяжёлые металлы
Ребёнок (Старицкие)					20	600	3(точка)	Zn, Pb, Sr								
					10	120	3(крестик)	Zn, Pb, Sr								
					15	120	3(крестик)	Zn, Pb, Sr								
					20	600	3(крестик)	Zn, Pb, Sr								
Ефросинья Старицкая					20	600	2	Zn, Cu, Sr, Mn	20	600	5	Zn, Cu, Sr, Mn (Pb, Hg)	20	600	2	Cu, Br, Sr (Pb, Hg)
Евдокия Старицкая	20	600	2(вып. часть)	Zn, Cu, Sr, Mn, Pb (Hg)	20	600	1(точка)	Zn, Cu, Sr, Mn, Pb (Hg)								
	20	600	2(вогн. часть)	Zn, Cu, Sr, Mn, Pb	20	600	1(край)	(Pb, Zn, Sr)								
Марфа	20	600	1(вогн. часть)	Zn, Cu, Sr, Pb (Hg)	20	600	2	Zn, Cu, Sr, Mn, Pb (Hg)	40	600	2 (край ребра)	Zn, Cu, Sr, Pb (Hg)				
	20	600	3(вып. часть)	Zn, Cu, Sr, Pb (Hg)	20	60	1									
	40	1000	3(вып. часть)	Zn, Cu, Sr, Pb (Mn, Hg)												

рабочий объем анализатора. Во всех образцах не обнаружено пиков, соответствующих L_{α} -линиям ртути и K_{α} -линиям мышьяка. L_{α} -линии сурьмы выделить не представляется возможным из-за близости пика, соответствующего K_{α} -линии кальция. Пики, соответствующие L_{α} -линиям свинца и, возможно, K_{α} -линии марганца, обнаружены в останках царицы Марфы, Евдокии Старицкой и отрока. В образцах Ефросиньи Старицкой и современной женщины пиков свинца не обнаружено. Во всех образцах обнаружены пики, соответствующие линиям кальция, цинка, меди, железа и стронция, что соответствует составу нормальной костной ткани.

Выводы. Гипотеза об отравлении указанных выше исторических личностей соединениями ртути, мышьяком или сурьмой не подтвердилась. Исследование подтвердило результаты предшествующего исследования костных останков царицы Марфы Собакиной, показав отсутствие в них ядовитых металлов [2]. Наличие пиков, соответствующих L_{α} -линиям свинца свидетельствует о нако-

плении соединений свинца в костной ткани, возможно, как результат использования свинцовых белил в косметических целях или лекарств на основе этого металла.

Для количественного анализа состава костных останков с использованием РФА необходимо решить ряд расчетно-теоретических задач. Это задачи разделения близко расположенных линий, а также вопросы, связанные с учетом событий регистрируемого рассеянного тормозного излучения и стандартизацией положения образцов в рабочей области анализатора. Полученные данные в дальнейшем обрабатываются для получения количественного определения элементного состава образцов для возможности сравнения с результатами других исследований. Опыт проведенных измерений полезен не только для применения в археологии и антропологии, но и может быть применен при проведении исследований пространственно-временных распределений элементов для доз саплиментарной терапии онкологических заболеваний [12].

Таблица 2

**Результаты измерений костных останков исторических личностей
и тканей из их захоронений и современной женщины (широкая геометрия без фильгра, напряжение на трубке 20 кВ)**

Проба мг/мл	Ca K _u		Fe K _u (n: 284-320)				Hg _u (n: 471-481)				Pb L _u (n: 489-519)			
	I peak	%	lw/lbg peak	Sw/lbg	%	S/n	lw/lbg peak	Sw/lbg	%	S/n	lw/lbg peak	Sw/lbg	%	S/n
Царица Марфа, большое ребро, край, изм 1	30172	0,58	11603	156479	0,25	4229,16	79	282	5,95	25,64	382	4734	1,45	152,71
Царица Марфа, большое ребро, край 2, изм 1	1827	2,34	112	1409	2,66	38,08	39	130	8,77	11,82	122	1656	2,46	53,42
Царица Марфа, малое ребро, изм 1	24	20,41	11	91	10,48	2,46	9	31	17,96	2,82	8	55	13,48	1,77
Царица Марфа, малое ребро, изм 2	6878	1,21	923	11883	0,92	321,16	21	80	11,18	7,27	57	831	3,47	26,81
Царица Марфа, малое ребро, изм 3	89	10,60	19	264	6,15	7,14	8	17	24,25	1,55	14	88	10,66	2,84
Царица Марфа, грудина, вогнутая часть, край, изм 1	48910	0,45	4712	52542	0,44	1420,05	28	121	9,09	11,00	689	9312	1,04	300,39
Царица Марфа, грудина, выпуклая часть, изм 1	45477	0,47	1021	13257	0,87	358,30	23	162	7,86	14,73	281	3398	1,72	109,61
Царица Марфа, грудина, выпуклая часть, изм 2	61244	0,40	652	8586	1,08	232,05	46	143	8,36	13,00	266	3483	1,69	112,35
Царица Марфа, грудина, выпуклая часть, изм 3	64178	0,39	1113	14992	0,82	405,19	94	318	5,61	28,91	246	2922	1,85	94,26
Царица Марфа, грудина, выпуклая часть, изм 4	126877	0,28	2518	33246	0,55	898,54	85	303	5,74	27,55	397	5250	1,38	169,35
Евдокия, грудина, вогнутая сторона, изм 1	71184	0,37	2216	28360	0,59	766,49	75	195	7,16	17,73	1091	15496	0,80	499,87
Евдокия, грудина, вогнутая сторона, изм 2	67795	0,38	2911	39371	0,50	1064,08	37	106	9,71	9,64	1007	12904	0,88	416,26
Евдокия, грудина, выпуклая сторона (крестик), изм 1	66390	0,39	2152	28713	0,59	776,03	76	164	7,81	14,91	949	12461	0,90	401,97
Евдокия, грудина, выпуклая сторона (крестик), изм 1	64487	0,39	1634	21692	0,68	586,27	71	142	8,39	12,91	702	9490	1,03	306,13
Евдокия, ребро 1, край стыка с грудной	257	6,24	13	161	7,88	4,35	6	32	17,68	2,91	7	61	12,80	1,97
Евдокия, ребро 1, середина (пятно) (кружок)	33069	0,55	808	10407	0,98	281,27	40	111	9,49	10,09	349	4752	1,45	153,29
Ефросинья, кость таза, изм 1	10284	0,99	589	7324	1,17	197,95	0	0	-	0,00	42	311	5,67	10,03
Ефросинья, кость таза, изм 2	13000	0,88	564	6511	1,24	175,97	37	55	13,48	5,00	61	710	3,75	22,90
Ефросинья, ребро 1, изм 1	39216	0,50	1629	20227	0,70	546,68	42	103	9,85	9,36	66	646	3,93	20,84
Ефросинья, ребро 1, изм 2	35606	0,53	1135	13393	0,86	361,97	8	35	16,90	3,18	82	793	3,55	25,58
Ефросинья, ребро 2, изм 1	58810	0,41	2550	34422	0,54	930,32	44	174	7,58	15,82	84	822	3,49	26,52
Ефросинья, ребро 2, изм 2	48884	0,45	2238	30090	0,58	813,24	51	188	7,29	17,09	101	933	3,27	30,10
Ефросинья, ребро 2, изм 3	47358	0,46	2761	37474	0,52	1012,81	28	127	8,87	11,55	101	1261	2,82	40,68
Ефросинья, ребро 2, изм 4	31267	0,57	1817	23915	0,65	646,35	27	114	9,37	10,36	77	740	3,68	23,87
Ребенок, ребро, крестик, изм 1	41540	0,49	3047	40813	0,49	1103,05	43	180	7,45	16,36	350	4961	1,42	160,03
Ребенок, ребро, крестик, изм 2	41479	0,49	3095	41051	0,49	1109,49	21	51	14,00	4,64	403	5051	1,41	162,94
Ребенок, ребро, крестик, изм 3	36952	0,52	2617	34773	0,54	939,81	25	133	8,67	12,09	355	4743	1,45	153,00
Ребенок, ребро, изм 1	10360	0,98	818	10792	0,96	291,68	14	26	19,61	2,36	92	1122	2,99	36,19
Ребенок, ребро, изм 2	10484	0,98	858	10950	0,96	295,95	9	21	21,82	1,91	85	865	3,40	27,90

Проба мг/мл	Ca K _α		Fe K _α (n: 284-320)				Hg L _α (n: 471-481)				Pb L _α (n: 489-519)			
	I peak	%	lw/lbg peak	Sw/lbg	%	S/n	lw/lbg peak	Sw/lbg	%	S/n	lw/lbg peak	Sw/lbg	%	S/n
Ребенок, ребро, изм 3	10571	0,97	819	10944	0,96	295,78	12	29	18,57	2,64	94	1129	2,98	36,42
Ребенок, ребро, изм 1	11805	0,92	935	11867	0,92	320,73	27	78	11,32	7,09	79	1102	3,01	35,55
Ребенок, ребро, изм 2	11581	0,93	933	12089	0,91	326,73	9	41	15,62	3,73	95	1040	3,10	33,55
Ребенок, ребро, изм 3	11598	0,93	911	12267	0,90	331,54	23	52	13,87	4,73	80	1099	3,02	35,45
Ребенок, ребро, изм 1	63096	0,40	4901	66776	0,39	1804,76	46	184	7,37	16,73	434	6241	1,27	201,32
Ребенок, ребро, изм 2	63775	0,40	4984	67391	0,39	1821,38	56	144	8,33	13,09	490	5882	1,30	189,74
Ребенок, ребро, изм 3	64987	0,39	5075	68266	0,38	1845,03	35	226	6,65	20,55	471	6330	1,26	204,19
Ребенок, ребро, слом, изм 1	6804	1,21	286	3317	1,74	89,65	19	44	15,08	4,00	63	731	3,70	23,58
Женщина 39 лет, грудина, изм 1	2574	1,97	395	5384	1,36	145,51	21	71	11,87	6,45	78	268	6,11	8,65
Женщина 39 лет, грудина, изм 2	2750	1,91	425	6586	1,23	178,00	40	201	7,05	18,27	112	1604	2,50	51,74
Женщина 39 лет, ребро 1, изм 1	36790	0,52	251	4054	1,57	109,57	48	131	8,74	11,91	26	199	7,09	6,42
Женщина 39 лет, ребро 1, изм 2	35416	0,53	336	4645	1,47	125,54	84	165	7,78	15,00	31	406	4,96	13,10
Женщина 39 лет, ребро 1, изм 3	39230	0,50	208	3167	1,78	85,59	16	111	9,49	10,09	121	712	3,75	22,97
Женщина 39 лет, соскоб мяса, изм 1	3364	1,72	714	11173	0,95	301,97	35	72	11,79	6,55	138	957	3,23	30,87
Женщина 39 лет, таз, вогнутая часть, изм 1	18965	0,73	695	10410	0,98	281,35	45	119	9,17	10,82	93	537	4,32	17,32
Женщина 39 лет, таз, вогнутая часть, изм 2 изм 1	7307	1,17	832	11956	0,91	323,14	77	210	6,90	19,09	81	354	5,31	11,42
Женщина 39 лет, таз, вогнутая часть, изм 2 изм 2	7296	1,17	816	12131	0,91	327,86	73	170	7,67	15,45	58	563	4,21	18,16
Женщина 39 лет, таз, вогнутая часть, изм 2 изм 3	7408	1,16	829	12076	0,91	326,38	66	111	9,49	10,09	81	566	4,20	18,26
Женщина 39 лет, таз, вогнутая часть, изм 3	32942	0,55	360	4923	1,43	133,05	53	162	7,86	14,73	73	934	3,27	30,13
Женщина 39 лет, таз, пологая часть, изм 1	47349	0,46	179	2932	1,85	79,24	16	69	12,04	6,27	60	415	4,91	13,39
Женщина 39 лет, таз, пологая часть, изм 2	45903	0,47	389	6219	1,27	168,08	27	110	9,53	10,00	65	573	4,18	18,48
Женщина 39 лет, таз, пологая часть, изм 3	58185	0,41	234	3821	1,62	103,27	53	99	10,05	9,00	102	540	4,30	17,42
Женщина 39 лет, таз, скол кости, изм 1	36136	0,53	249	4108	1,56	111,03	23	109	9,58	9,91	69	344	5,39	11,10
Женщина 39 лет, таз, скол кости, изм 2	36356	0,52	264	3899	1,60	105,38	81	260	6,20	23,64	33	343	5,40	11,06
Женщина 39 лет, таз, скол кости, изм 3	39474	0,50	390	5728	1,32	154,81	27	162	7,86	14,73	110	654	3,91	21,10
Елена Глинская, шёлк	7266	1,17	3600	57757	0,42	1561,00	42	180	7,45	16,36	105	552	4,26	17,81
Ефросинья Старицкая, шёлк	6008	1,29	2905	44205	0,48	1194,73	24	69	12,04	6,27	10	74	11,62	2,39
Ефросинья Старицкая, шёлк («собой»)	3739	1,64	1775	28477	0,59	769,65	20	65	12,40	5,91	33	278	6,00	8,97
Марфа Собакина, шёлк с тленом	16320	0,78	1510	23987	0,65	648,30	27	156	8,01	14,18	110	944	3,25	30,45
Шёлк, захоронение пн. 47	9835	1,01	7520	92397	0,33	2497,22	43	71	11,87	6,45	179	1692	2,43	54,58

ЛИТЕРАТУРА:

1. Антропологическая реконструкция и проблемы палеоэтнографии: сборник памяти М.М. Герасимова. – М.: Наука, 1973. – 196 с.
2. Воронова Н.В., Панова Т.Д. «Наветом и отравами царицу изведоша ...» // Наука в России. – 1998. – № 3. – С. 156-166.
3. Криминалистика – наука точная // Оружие России: информационное агентство [сайт]. – URL: www.arms-expro.ru/site.xp/049051124054057056056.html (дата обращения: 02.12.2013 г.)
4. Кудряшов В.И., Парфенов В.А., Серебряков А.С. Применение рентгено-флуоресцентного анализатора для контроля лазерной очистки в реставрации // Оптический журнал. – 2010. – Т. 77 (№ 8). – С. 8-12.
5. Макаренко Т.Ф., Панова Т.Д. Вернее яда средства нет // Наука в России. – 2000. – № 2. – С. 85-90.
6. Макаренко Т.Ф. Метод спектрального анализа человеческих останков // Некрополь русских великих княгинь и цариц в Вознесенском монастыре Московского Кремля. Т. 1.: История усыпальницы и методика исследований захоронений. – М.:, 2009. – С. 191-193.
7. Панова Т.Д. Христианская символика в городском погребальном обряде Руси (XI-XVI вв.) // *Russia mediaevalis*. – 1998. – Т. IX. 1. – С. 54-77.
8. Панова Т.Д. Каменные гробы в погребальном обряде русского средневековья (XI-XVI вв.) // *Russia mediaevalis*. – Т. X. 1. – С. 156-166.
9. Рентгенофлуоресцентный анализатор X-Арт М / ЗАО «Комита» [сайт]. – URL: <http://www.x-art.comita.ru/main.html#X-Art> М (дата обращения: 02.12.2013 г.)
10. Серебряков А.С. Новый подход к исследованию многослойной структуры художественных работ // Реликвия. – 2008. – № 18. – С. 26-27.
11. Федотов Ю.А. Метод рентгенофлуоресцентного анализа гадония и висмута в биологических тканях / Ю.А. Федотов, В.Н. Кулаков, В.Ф. Хохлов и др. // Научная сессия МИФИ. Аннотации докладов. Т. 1. Ядерная физика и энергетика. – М.: НИЯУ МИФИ, 2009. – С. 130.
12. Хохлов В.Ф. Способ фотон-захватной терапии опухолей / В.Ф. Хохлов, В.Н. Кулаков, И.Н. Шейно и др. – [Патент РФ № 2270045, 2004].
13. Янин В.Л. Некрополь Новгородского Софийского собора. – М.: Наука, 1988. – 237 с.
14. Panova T.D. Au Royaume de la mort les rites funéraires urbains en Russie (XI-XVI s.). – Paris: De Boccard, 2009. – 278 p.