

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОВРЕЖДЕНИЯ ЭКСПОНАТОВ ИЗ СВИНЦА

Тема данного исследования возникла в связи с повреждениями музейных предметов, которые наблюдались на экспозиции нашего музея, а именно: разрушение фигурок воинов на макете «Бородинский бой 26 августа 1812 г. Отражение третьей атаки французов на батарею Раевского», который экспонируется в зале «История артиллерии до середины XIX в.», и предметов из комплекта снаряжения водолаза в зале «История инженерных войск после 1917 г.».

Макет поступил на реставрацию в военно-научный отдел сохранности памятников культуры и истории в 2010 г. в связи с подготовкой к 200-летней годовщине Бородинского сражения, которая отмечалась в 2012 г. Макет был успешно реставрирован нашими реставраторами В.Ф. Мезеневым и О.П. Платоновой. Необходимые консультации проводил старший научный сотрудник Е.И. Юркевич.

В 2012 г. макет после реставрации был возвращен на экспозицию на свое прежнее место (см. рис. 1 на цветной вклейке, с. 18). Об истории создания макета и процессе реставрации подробно докладывали на 3-й международной конференции «Война и оружие. Новые исследования и материалы» в 2012 г. /1/.

Макет, поступивший в реставрацию, был создан сотрудниками музея в связи с подготовкой к 150-летию Бородинского сражения. Авторами проекта были научные сотрудники Лилла Константиновна Маковская и Олег Васильевич Харитонов. К марту 1959 г. макет был изготовлен в реставрационных мастерских Артиллерийского исторического музея макетчиками-реставраторами во главе с художником-реставратором Тamarой Яковлевной Черных. Материальной основой был макет «Боевой порядок пехотной дивизии в наступлении в период Отечественной войны 1812 г.», поступивший в 1957 г. в Артиллерийский исторический музей из Ленинградского Дома офицеров. Л.К. Маковская писала «На довольно тяжелом постаменте под стеклянным колпаком располагались отдельные оловянные солдатки размером  $h = 3$  см. Насколько были употреблены материалы старого макета для изготовления нового, помимо солдатиков, которые, конечно, были использованы, должны сказать сегодня реставраторы. В инвентарной карточке 6/61, составленной еще в 1957 г., т. е. на старый макет, перечислены следующие

материалы: дерево, стекло, гипс, металл. В настоящее время эта рубрика осталась без изменений» /1/.

Солдатики были из металла. Л.К. Маковская написала «оловянные», и это было принято как факт, исследования природы металла перед реставрацией не было возможности провести.

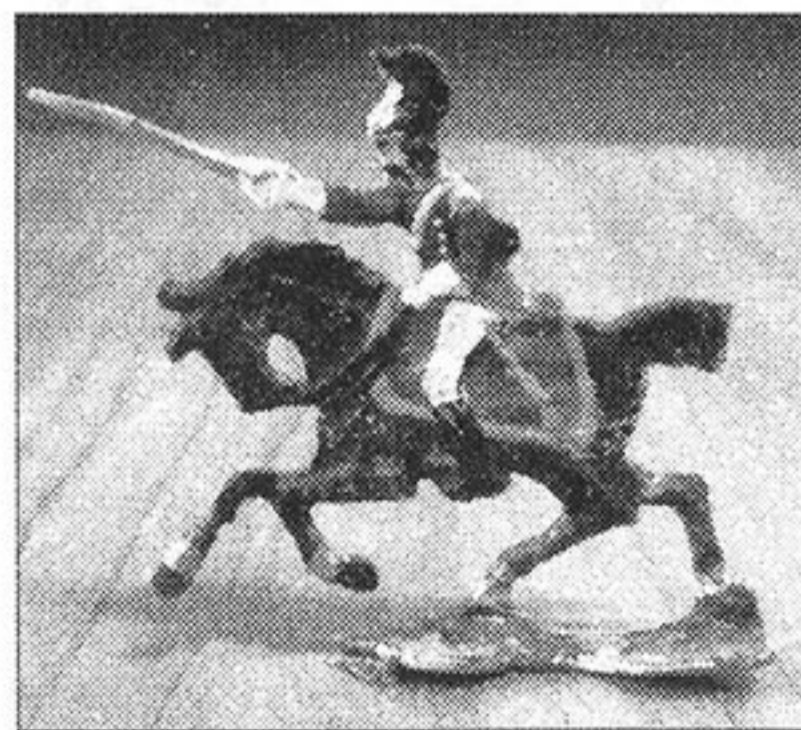


Рис. 1–3. Поврежденные и сохранившиеся фигурки конных воинов после демонтажа

К 2010 г. макет безусловно требовал реставрации. Основное повреждение — это разрушение фигурок пеших и конных воинов, которых на макете было свыше 1000 ед. Из металла изготовлены также модели орудий. Около 70 % всех фигурок были повреждены, причем многие из них просто рассыпались. Около каждой поврежденной фигурки на поверхности были осыпания сероватого порошка.

Было принято предположение, что оловянные солдатики повреждены «оловянной чумой». Примеры повреждения хорошо видны на фото (рис. 1–3, а также см. рис. 2–4 на цветной вклейке, с. 18, 19). Причины появления «оловянной чумы» были вполне объяснимы. Олово имеет две модификации — белое и серое олово. При температурах ниже 13 °С белое олово переходит в серое. Перестраивается кристаллическая решетка металла, и он превращается в порошок. В начале 90-х гг. прошлого века музей очень плохо отапливался, температура в залах снижалась до 5–6 °С, влажность достигала 70–80 %. Это вполне могло привести к возникновению «оловянной чумы».

Но не все фигурки на макете были повреждены. На рис. 2 на цветной вклейке, с. 20, видно, что рядом с разрушенными фигурками остались вполне сохранившиеся, их примерно 25–30 % от общего количества.

При реставрации встал вопрос, можно ли использовать сохранившиеся фигурки. Если причина их повреждения — оловянная чума, то «здоровые» предметы заражаются от мельчайшей частицы поврежденного олова с соседнего «больного» предмета. Поэтому было решено не рисковать, и все фигурки были отлиты и раскрашены заново В.Ф. Мезеневым.

Но причина такой разной сохранности фигурок макета осталась не выясненной. Необходимо было провести анализ элементного состава металла фигурок. В 2015 г. такая возможность появилась, исследования были выполнены ст.н.с. Н.Н. Сапрыкиной в институте высокомолекулярных соединений академии наук РФ. Анализ проводился на японском электронном сканирующем микроскопе высокого разрешения, с приставкой для энерго-дисперсионного анализа SUPRA.

На рис. 4–6 представлены электронные изображения поверхности поврежденных фигурок при разном увеличении, полученные с помощью электронного микроскопа. Вся поверхность покрыта белым губчатым налетом, структура которого особенно хорошо видна при увеличении в 5–10 тысяч раз.

На некоторых местах налет осыпался, и под ним обнажилась поверхность металла. Она тоже сильно повреждена. Множество трещин различной глубины (рис. 7–9).

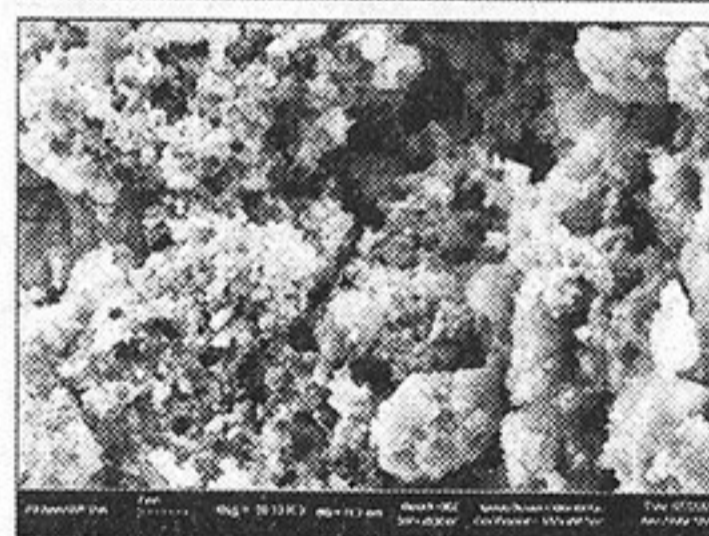


Рис. 4–6. Электронное изображение поверхности хвоста лошади поврежденной фигурки при увеличениях 100, 500, 5000 соответственно



Рис. 7–9. Электронное изображение поверхности металла ппки поврежденной фигурки при увеличениях 60, 500, 1000 соответственно

Поверхность сохранившихся фигурок (рис. 10–11) более однородна, на металле мелкие трещины, белого налета практически нет.

Элементный состав металла фигурок определялся с применением приставки SUPRA. Анализировали пробы, отобранные с поврежденных, сохранившихся и новых фигурок.

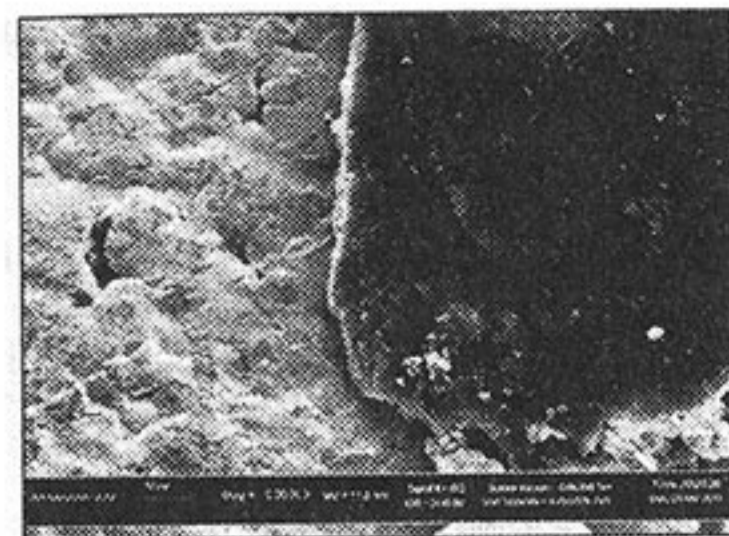
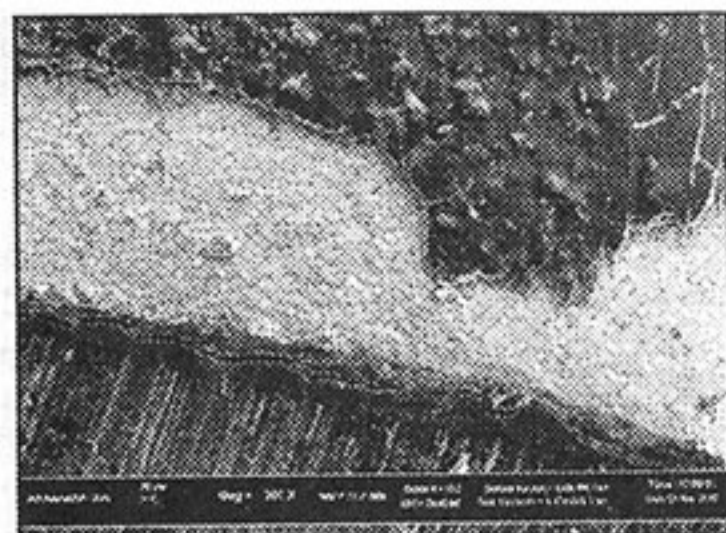


Рис. 10—11. Электронное изображение поверхности сохранившейся фигурки при увеличениях 300, 2000 соответственно

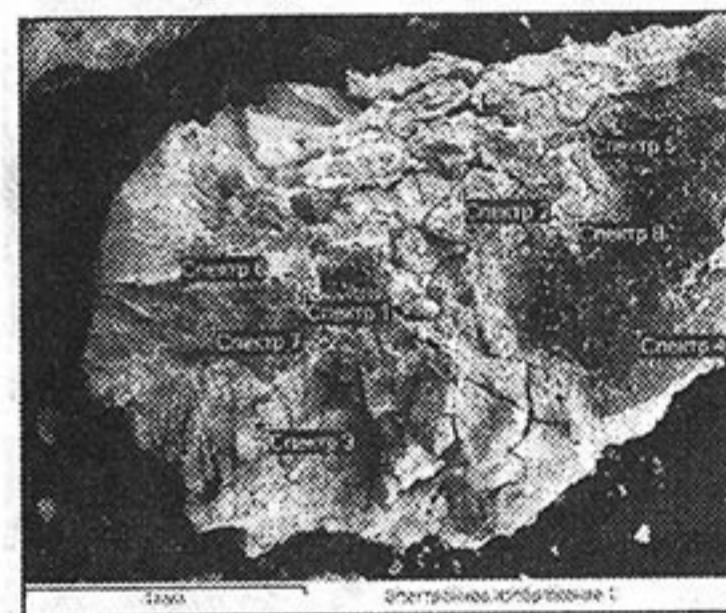


Рис. 12. Электронное изображение поверхности хвоста лошади поврежденной фигурки со схемой точек регистрации спектров

На рис. 12 представлено электронное изображение поверхности хвоста лошади поврежденной фигурки, на которой отмечены 10 точек, в которых регистрировался спектр и определялся элементный состав металла. Размер участка поверхности в точке анализа 1 кв. мк. Содержание элементов, вычисленное в вес. %, представлено в табл. 1. Спектры 4 и 5 отражают состав красочного покрытия, остальные — состав металла.

Таблица 1

Элементный состав материалов хвоста лошади поврежденной фигуры

Спектр	C	O	Si	S	Cl	Fe	Zn	Pb	Итого
Спектр 1	12.06	2.13				5.80	72.91	7.11	100.00
Спектр 2	17.39	21.60						61.01	100.00
Спектр 3	19.64	24.16						56.20	100.00
Спектр 4	47.84	41.69	0.54	0.91	0.64	6.45	1.03	0.91	100.00
Спектр 5	58.57	25.95	1.71	0.37	0.41	8.19	1.56	3.24	100.00
Спектр 6	17.81	16.26						65.93	100.00
Спектр 7	27.27	22.06						50.66	100.00
Спектр 8	22.96	20.57						56.48	100.00
Макс.	58.57	41.69	1.71	0.91	0.64	8.19	72.91	65.93	
Мин.	12.06	2.13	0.54	0.37	0.41	5.80	1.03	0.91	

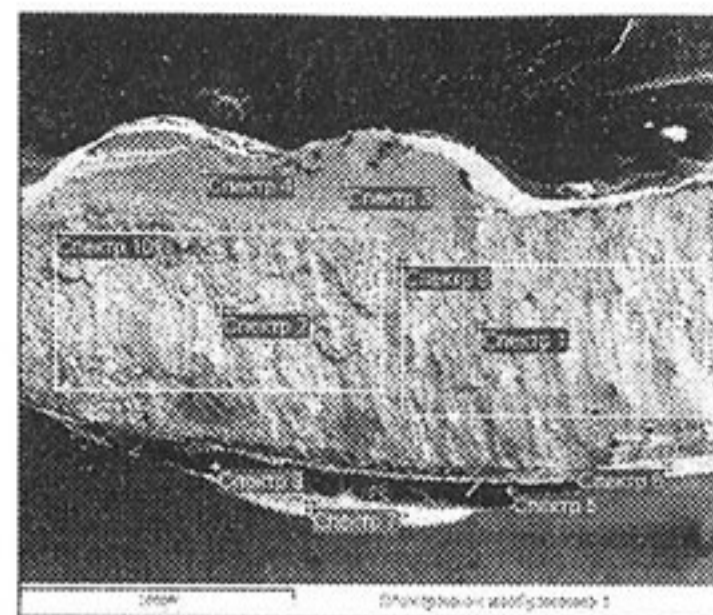


Рис. 13. Электронное изображение поверхности среза пики поврежденной фигурки со схемой точек регистрации спектров

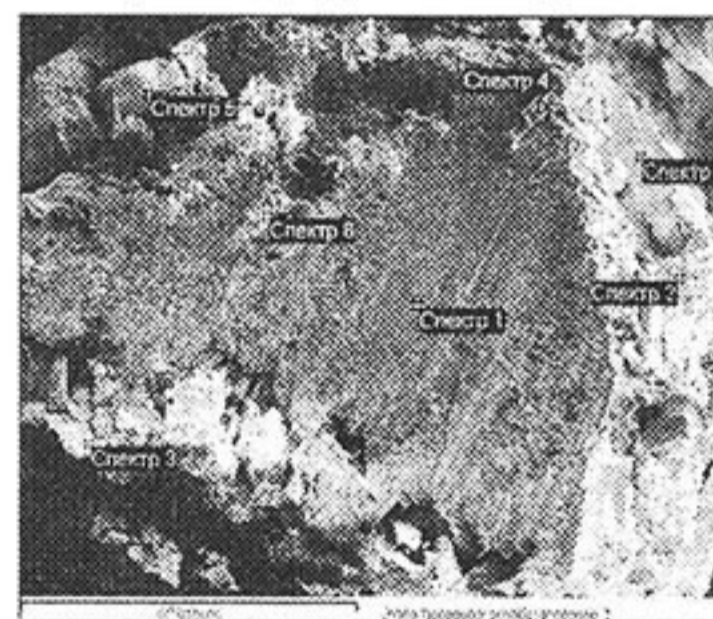


Рис. 14. Электронное изображение поверхности среза пики сохранившейся фигурки со схемой точек регистрации спектров

На рис. 13 — электронное изображение среза пики поврежденной фигурки солдата со схемой расположения мест регистрации спектров, в табл. 2 — элементный состав материалов в этих точках.

Как следует из полученных аналитических данных, разрушенные фигурки на макете были изготовлены из свинца. Белый налет на их поверхности — продукты коррозии свинца. Это могут быть углекислые соли свинца, уксуснокислые и другие, образовавшиеся при реакции свинца с загрязнителями воздуха. В красочном слое разрушенных фигурок обнаружены медь и цинк. Для окраски фигурок могли быть использованы цинковые белила и краски, содержащие медь /2/. Скорее всего, поврежденные фигурки были взяты со старого макета, на базе которого был создан новый макет в 1959 г.

На рис. 14 представлено электронное изображение среза хвоста лошади сохранившейся фигурки, схема точек анализа, аналитические данные — в табл. 3.

Сохранившиеся фигурки сделаны из сплава свинца с другими металлами: оловом, висмутом, сурьмой, теллурием. В технике применяют большое количество различных сплавов

свинца (баббиты, типографские сплавы, сплав Вуда и другие /3/. Эти сплавы имеют более низкую температуру плавления, улучшенные литейные свойства, стойки к коррозии. Один из них был использован для изготовления фигурок в 1959 г. Краска и грунт сохранившихся фигурок не содержат меди. В спектре лакового покрытия сохранившейся фигурки (спектр 7) обнаружен фтор. Это говорит о том, что были использованы лаки на основе растворимых фторполимеров. Отечественная химическая

Таблица 2

## Элементный состав металла пики поврежденной фигурки

Спектр	В стат.	C	O	Cu	Zn	Pb	Итого
Спектр 1	Да	20.49	9.67			69.83	100.00
Спектр 2	Да	64.33	22.61	3.51	4.02	5.53	100.00
Спектр 3	Да	14.53	17.21			68.26	100.00
Спектр 4	Да	20.88	25.30			53.82	100.00
Спектр 5	Да	15.66	12.00			72.34	100.00
Спектр 6	Да	22.26	16.63			61.11	100.00
Спектр 7	Да	67.06	25.49	1.79	2.07	3.59	100.00
Макс.		67.06	25.49	3.51	4.02	72.34	
Мин.		14.53	9.67	1.79	2.07	3.59	

Таблица 3

## Элементный состав материалов в различных точках хвоста лошади сохранившейся фигуры

Спектр	C	O	F	Ca	Mn	Fe	Zn	Tc	Sn	Sb	Pb	Bi	Итого
Спектр 1	33.12	3.26						4.46	2.02	-0.06	43.91	13.29	100.00
Спектр 2	10.58	0.34						10.10	2.31	0.81	60.89	14.98	100.00
Спектр 3	39.70	1.24						3.88	1.10	0.09	41.05	12.93	100.00
Спектр 4	34.13	1.89						2.93	4.70	2.88	40.00	13.47	100.00
Спектр 5	74.63	24.33		0.71	0.33	0.31	0.22	0.56	0.02	0.08	-0.02	-1.17	100.00
Спектр 6	61.73	34.20		1.57	0.28	2.12	0.47	0.60	0.10	0.16	0.07	-1.30	100.00
Спектр 7	80.11	17.81	2.09	0.06		0.03	0.03	0.07	0.01	-0.01	0.01	-0.22	100.00
Спектр 8	62.33	34.72		1.38	1.35	0.21	0.83	1.70	-0.21	0.18	1.12	-3.60	100.00
Спектр 9	18.03	2.67						4.27	7.76	1.54	49.22	16.51	100.00
Спектр 10	14.32	1.75						4.91	7.69	1.83	52.89	16.61	100.00
Макс.	80.11	34.72	2.09	1.57	1.35	2.12	0.83	10.10	7.76	2.88	60.89	16.61	
Мин.	10.58	0.34	2.09	0.06	0.28	0.03	0.03	0.07	-0.21	-0.06	-0.02	-3.60	

промышленность в то время производила широкий ассортимент фтор-содержащих полимеров, в том числе лаки, которые использовались для защиты металлических изделий от коррозии.

По этому методу были проанализированы несколько поврежденных, сохранившихся, а также новых фигурок. В табл. 4. представлены обобщенные данные анализа материалов всех исследованных фигурок.

Таблица 4

## Элементный состав металла фигурок макета и галош водолаза

	Pb	C	O	Bi	Sn	Tc	Cu	Sb
Разрушенная фигурка воина (поверхность пики)	53.60	21.96	23.90	-	-	-	-	-
Разрушенная фигурка воина (торец пики)	70.38	19.70	9.89	-	-	-	-	-
Разрушенная фигурка всадника (срез хвоста коня)	58.06	21.02	20.93	-	-	-	-	-
Сохранившаяся фигурка всадника (срез хвоста коня м3)	53.87	11.61	1.24	18.13	9.62	5.52	-	-
Сохранившаяся фигурка всадника (срез хвоста коня ув.2000)	53.87	12.83	1.65	18.19	7.71	4.84	-	1.87
Сохранившаяся фигурка воина (поверхность металла)	45.19	18.48	5.09	15.10	7.87	3.56	0.54	4.16
Новая фигурка воина срез пики ув. 2000	48.44	17.08	4.54	-	29.87	-	-	-
Белый налет с галоши водолаза	49.19	29.55	21.25	-	-	-	-	-

Конечно, состав металла новых фигурок известен — они изготовлены из сплава свинца и олова, что и подтвердил анализ (см. табл. 4). Для грунтовки новых фигурок реставратор использовал цинковые и титановые белла, для окраски — масляные художественные краски (охра желтая, умбра жженая, индиго, окись хрома, кадмий красный и др.)

Таким образом, выполненный анализ позволил выяснить причину повреждения и сохранения фигурок макета — различный состав металла. Поврежденные фигурки были изготовлены из свинца, а сохранившиеся — из сплава свинца с легирующими добавками.

На экспозиции музея есть еще несколько предметов из свинца, которые также подвержены повреждениям.

В зале № 10 «История инженерных войск после 1917 г.» экспонируется водолазная станция образца 1930 г. (инв. № 15/8), в комплект которой входят воздухонагнетательная станция, шлем, галоши водолаза и грузы (рис. 15—17). Медный шлем хорошо сохранился, поверхность яркого медного цвета, нет признаков коррозии, которые часто обнаруживаются на поверхности предметов из меди и ее сплавов. Подошвы галош и грузы изготовлены из свинца. Поверхности одной из подошв и одного груза покрыты белым налетом. Коррозия подошв очень сильная — продукты коррозии осыпаются в виде бело-серого порошка. Были отобраны пробы белого налета и проанализированы по вышеприведенной методике. В продуктах коррозии обнаружены элементы свинец, углерод и кислород. Продукты коррозии — это соли свинца (углекислые, уксуснокислые и т. д.).

Обращал на себя внимание тот факт, что из пары предметов (галоши и грузы) сильнее поврежден тот, который находится в витрине ближе к медному шлему. Факт требовал интерпретации.

В отечественной и мировой практике имеется немало примеров повреждения артефактов из свинца. Массовую группу предметов из свинца

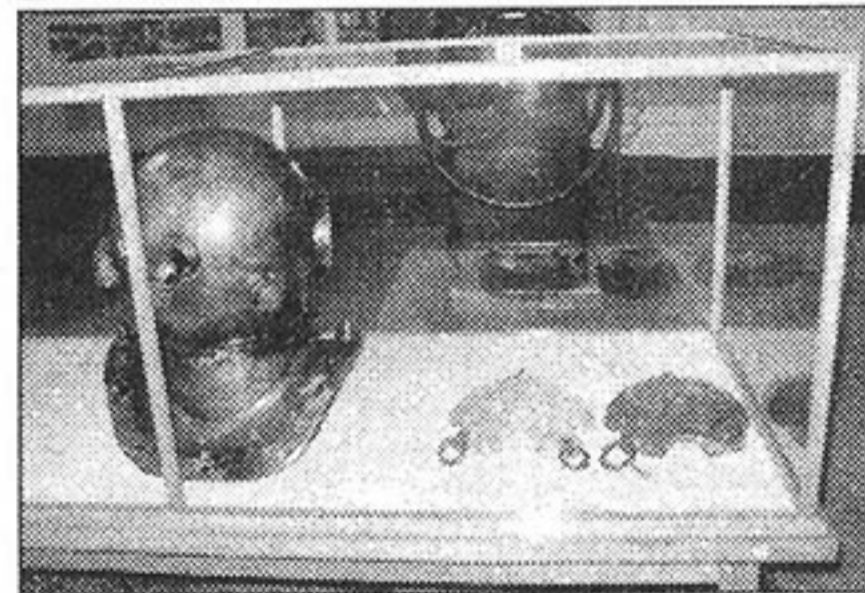
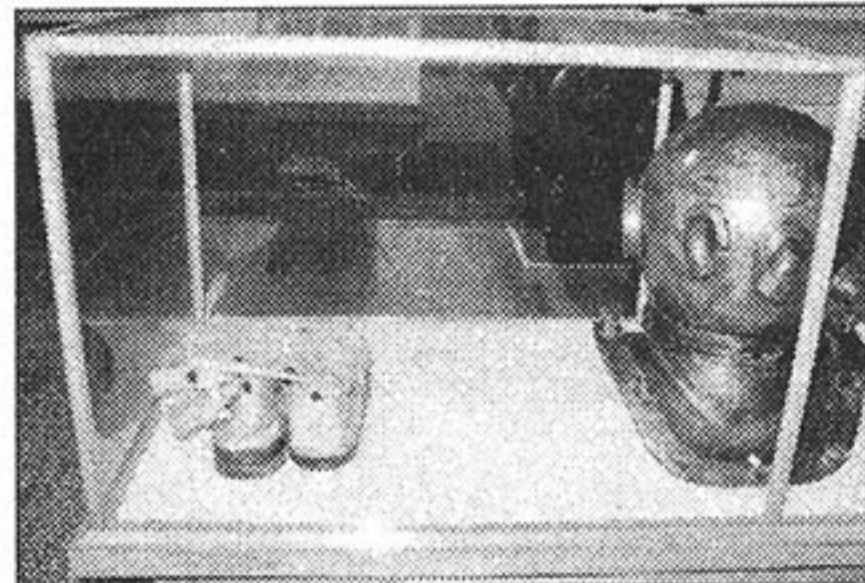
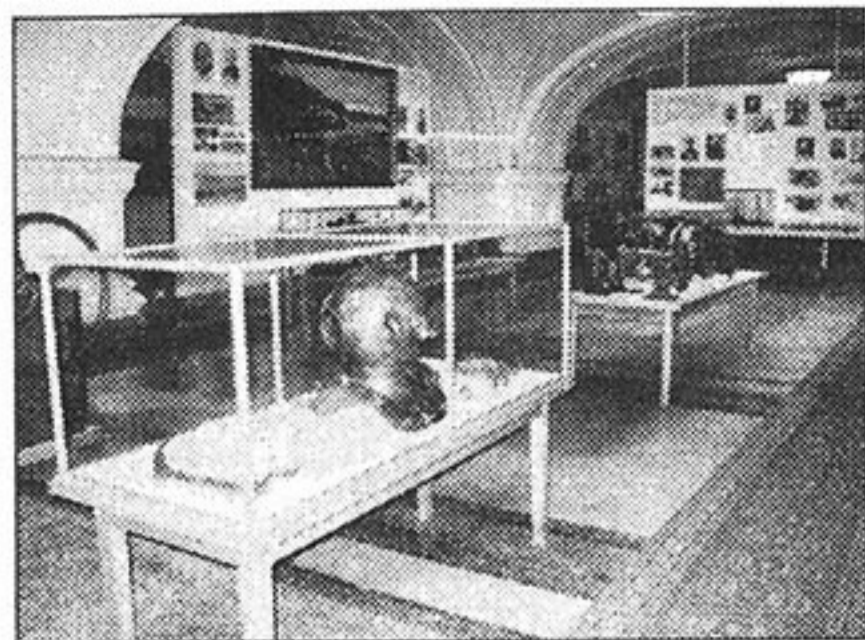


Рис. 15—17. Водолазное снаряжение (шлем и галоши водолаза) в зале «История инженерных войск после 1917 г.».

представляют подвесные (вислые) свинцовые печати — моливдовулы IV—XV вв. Моливдовулами печатали официальную и частную корреспонденцию. Почти каждая печать является уникальным памятником своего времени. Общее количество сохранившихся печатей разного времени составляет много тысяч предметов. Самые большие коллекции находятся в Государственном Эрмитаже, Государственном архиве древних актов Российской Федерации, Третьяковской галерее, Государственном историческом музее и Новгородском музее. /4/

Свинцовые печати, привешивавшиеся на шнурах к средневековым официальным документам, в изобилии встречаются при раскопках на месте древнего княжеского архива на Городище и в усадебных комплексах Великого Новгорода. К настоящему времени их известно около двух тысяч, и в своей совокупности они представляют первоклассный источник по истории развития государственных институтов Новгорода, так как право пользования ими принадлежало только официальным лицам администрации. Матрицы печатей вырезались, как правило, первоклассными художниками-торевтами и уничтожались во избежание злоупотреблений после смерти или смещения с административного поста их владельца. Поэтому, будучи датированы именами этих владельцев, подавляющее большинство которых известно по упоминаниям в летописи и других письменных источниках, акты печати образуют идеальную хронологическую шкалу для наблюдений над развитием стилей прикладного искусства средневекового Новгорода от XI до начала XVI в., когда металлическая печать была вытеснена воско-мастичной.

Печати древнейшего периода характеризуются поясными изображениями на них святых, как правило, тезоименитых владельцам, лаконичностью символического языка, обозначающего княжескую принадлежность печати изображением тамги, а церковную — изображением креста. В XII в. преобладают печати с изображением святых в рост, позам которых присуща явная статуарность. С конца XII в. эти изображения обретают динамичность. XIII в. — время заметного огрубления художественного стиля и возникновения стремления дополнить изобразительные сюжеты, несущие информацию о владельце печати, развернутыми надписями. Этот прием становится главным в XIV в. Для последнего столетия новгородской независимости характерны поиски стабильной эмблематики. Так, уже в начале XV в. возникают и широко употребляются в печатях эмблемы новгородских концов. Символом Неревского конца становится орел, Славенского — «плют зверь», Плотницкого — Вседержитель, Людина — воин, Загородского — всадник. Характерно, что светские эмблемы концов развивают традиции древней символики,

известной в памятниках прикладного искусства предшествующих веков. Многие свинцовые печати являются несомненными шедеврами средневековой пластики. В ряде случаев их анализ позволяет установить единое авторство в изготовлении матриц и некоторых прославленных произведений торевтики.

Сохранность печатей новгородской коллекции, как и других, различная — от тонкого слоя плотной стабильной патины, поверхностных продуктов коррозии до полностью минерализованных вещей. Коррозионный слой имеет больший объем, чем здоровый металл, поэтому форма предмета искажена и на предмете появляются микротрещины. Катализаторами процесса коррозии в музейных условиях обычно являются органические летучие кислоты, среди которых уксусная кислота наиболее вредна. Процесс коррозии может привести к полной минерализации металла, при которой не будет определяться форма предмета.

Из скупых данных по сохранности и реставрации вислых печатей можно заключить, что их повреждение происходит постоянно. Музеи, которые имеют возможность, периодически проводят повторную реставрацию печатей. Не все печати ведут себя одинаково. В одной и той же коллекции есть более устойчивые, и менее, требующие постоянной реставрации.

При реставрации свинцовых предметов с поверхностными продуктами коррозии могут быть использованы стандартные электрохимические или электролитические методы. Необходимо помнить, что не происходит абсолютно полного восстановления продуктов коррозии, а восстановленный пористый металл очень чувствителен к атмосферному воздействию, поэтому чрезвычайно важна надежная консервация и условия дальнейшего хранения.

В чем же причина разрушения артефактов из свинца?

Известно, что свинец химически устойчив по отношению к серной, соляной кислотам. Но во влажной атмосфере при наличии примесей летучих органических кислот: уксусной, муравьиной (они выделяются при старении древесины), — происходит активная химическая коррозия. В результате реакции с углекислым газом воздуха образуются карбонаты и бикарбонаты — соли угольной кислоты, что мы и видели из результатов анализа.

Металлы, в том числе и свинец, во влажной атмосфере подвержены также электрохимической коррозии. На поверхности металла в тончайшей пленке воды возникают микрогальванические пары. Активность металла определяется его положением в электрохимическом ряду напряжений металлов. Электродные потенциалы металлов, измеренные

по отношению к водородному электроду при стандартных условиях, т.е. активной концентрации ионов металла в растворе, равной 1 моль/л, и температуре 25 °С, называют стандартными. Ряд металлов, расположенных в порядке возрастания их стандартных электродных потенциалов, называется рядом напряжений. Он имеет следующий вид:

**K, Ca, Na, Mg, Al, Zn, Fe, Ni, Sn, Pb, H, Cu, Hg, Ag, Pt, Au**

Ниже приведены основные следствия из ряда напряжений:

а) каждый металл вытесняет из солей все другие, расположенные в ряду напряжений правее него;

б) все металлы, расположенные левее водорода, вытесняют его из кислот, расположенные правее — не вытесняют;

в) чем дальше друг от друга стоят два металла, тем большую ЭДС имеет построенный из них гальванический элемент.

Если образуется гальванопара из двух металлов, то металл, стоящий левее, будет разрушаться. Т.е., если образуется микрогальваническая пара Pb-Cu (свинец-медь), то свинец, стоящий левее в ряду напряжений, будет разрушаться, а медь — восстанавливаться /5/.

В витрине, где размещены медный шлем и предметы из свинца, вполне могли создаться условия, способствующие коррозии свинца. Колпак изготовлен из оргстекла на деревянном каркасе, основание витрины — деревянное. Колпак плотно прикреплен к основанию шурупами. Много лет витрину не вскрывали. Летучие кислоты (уксусная, муравьиная) выделялись при старении древесины и накапливались в воздушной среде витрины. Как уже указывалось выше, в периоды, когда помещение музея плохо отапливалось, на поверхности свинцовых и медного предметов мог образоваться конденсат влаги. Все это способствовало началу процессов химической и электрохимической коррозии свинца.

В конце прошлого века возникла новая проблема сохранения памятников из свинца, а именно, старинных органов. Событие, случившееся в немецком городе Любеке в 1999 г., встревожило всех органистов и любителей органной музыки. Орган церкви святого Иакова, построенный в 1467 г., потерял свой голос. После детального изучения в его трубах обнаружили беловатые потеки, под которыми металл труб истончился и местами оказался пронизан мелкими дырочками. Воздух, подаваемый мехами в орган, уходил в эти отверстия. Вскоре ту же болезнь диагностировали на многочисленных других органах континентальной Европы, построенных между XV и XVII вв. Так, во Франции поражен недугом орган кафедрального собора в Бордо /6/.

Под эгидой Центра органного искусства в Гетеборге (Швеция) в 2003 г. была создана ассоциация металлургов, химиков, органических масте-

ров и музыковедов из разных европейских стран, задачей которой стало выяснить причины неожиданной напасти и найти средства от нее. Исследования концентрируются сейчас на старинных органах Италии, Германии и Нидерландов. Сотрудники ассоциации изучают и сравнивают экологические показатели тех городов и соборов, органы в которых сильно пострадали от коррозии, и тех, где эти музыкальные инструменты сохранились без повреждений.

Результаты первых измерений температуры и влажности в церквях, а также испытания в лаборатории проб металлов, из которых сделаны органннн трубы, позволили выявить некоторые вероятные причины болезни. Оказалось, что добавление в воздух следовых количеств паров уксусной кислоты (менее одной части на миллион частей воздуха) значительно ускоряет коррозию сплава свинца и олова. Это самый распространенный материал для органннх труб, его часто так и называют «органннм металлом». Пробы белого налета, взятые с мест поражения металла, выявили заметное содержание уксусной кислоты, которая в таких концентрациях легко разъедает свинец, образуя его белесые соли. В коррозии участвуют и другие кислоты, пары которых присутствуют в воздухе, — муравьиная, серная, сернистая, азотистая. Муравьиный и уксусный ангидриды постепенно выделяются из деревянных частей органа, расположенных под трубами. Другие органические кислоты присутствуют в дыме церковных благовоний. Кислые соединения серы и азота вносятся в атмосферу выхлопами автомобилей и дымами кочегарок. Одно время думали, что плохо влияет на орган центральное отопление, смонтированное во многих европейских соборах еще в прошлом веке, но сейчас это обвинение с него в основном снято. Хотя при повышении температуры ускоряется выделение уксусного ангидрида и других летучих продуктов из древесины и, соответственно, коррозия свинца, зато снижается влажность воздуха, что благоприятствует сохранению металла органннх труб.

Другой фактор, ускоряющий деградацию металла, выявлен с помощью тонких физических методов неразрушающего анализа. Измерения, проведенные в университете Болоньи (Италия), показали, что содержание олова в свинцовом сплаве, материале органннх труб непосредственно влияет на сопротивляемость коррозии. Чем больше олова, тем прочнее металл по отношению к химическим воздействиям. В эпоху, когда было построено большинство органнн, страдающих сейчас от коррозии, основным источником олова для Европы служил полуостров Корнуолл на Британских островах. Тамощние месторождения касситерита — оловянной руды — были известны еще древним римлянам. В континентальной Европе металл был редок и дорог. Именно поэтому в органннх трубах

Европы олово использовали очень экономно. Как правило, в сплаве его не более двух процентов. Зато в Великобритании органы того же возраста, насколько известно, не затронуты коррозией. В их трубах до 20 процентов олова, особо экономить которое местным мастерам не приходилось. Исследователи из Гетеборга рассматривают сейчас возможные средства борьбы с коррозией. Предлагают покрывать поверхность органннх труб воском или лаком. Возможно, удастся применить специальные составы — преобразователи коррозии вроде тех, что популярны у автомобилистов. Они образуют на поверхности металла защитный химически инертный слой.

Будем надеяться, что исследователи старинных органнн установят причины разрушения свинцовых труб и будут разработаны методики консервации. Эти результаты могут быть полезны для всех музеев, в которых есть предметы из свинца.

Подводя итоги нашего исследования, отметим практические результаты:

- выяснена причина разрушения и сохранения фигурок на макете;
- сохранившиеся фигурки можно использовать для новых макетов;
- необходимо экспонировать медный шлем и предметы из свинца в разных витринах;
- при размещении музейных предметов в одной витрине необходимо изучить свойства материалов, из которых изготовлены музейные предметы, и их возможное влияние друг на друга;
- для сохранения музейных предметов из свинца, в том числе свинцовых печатей, их необходимо хранить в сухой атмосфере в инертном газе в коробках из инертного материала.

#### Список литературы

1. Сохранность культурного наследия: наука и практика. Вып. 8. СПб.: ВИМАИВиВС, 2012.
2. Гренберг Ю., Писарева С. Масляные краски XX века и экспертиза произведений живописи. Состав, открытие, коммерческое производство и исследование красок. Киев: ООО «Издательство Зеркало мира», 2010. 194 с.
3. Соколова И.В. Византийские печати VI — первой половины IX века из Херсонеса // Византийский временник. Т. 52.
4. Мальцев М. В. Металлография промышленных цветных металлов и сплавов, 2-е изд. М., 1970.
5. Реставрация металла. Методические рекомендации / Сост. М.С. Шемаханская. М.: ВНИИР, 1989.
6. Коррозия органннго металла // Наука и жизнь. 2015. № 5.

К статье В.И. Кобяковой, Н.Н. Сапрыкиной «Исследование процессов повреждения экспонатов из свинца»



Рис. 1. Макет «Бородинский бой 26 августа 1812 г. Отражение третьей атаки французов на батарею Раевского» после реставрации на экспозиции в зале № 1 (ВИМАИВ и ВС, инв. № 6/61)



Рис. 2. Фигурки воинов на макете до реставрации

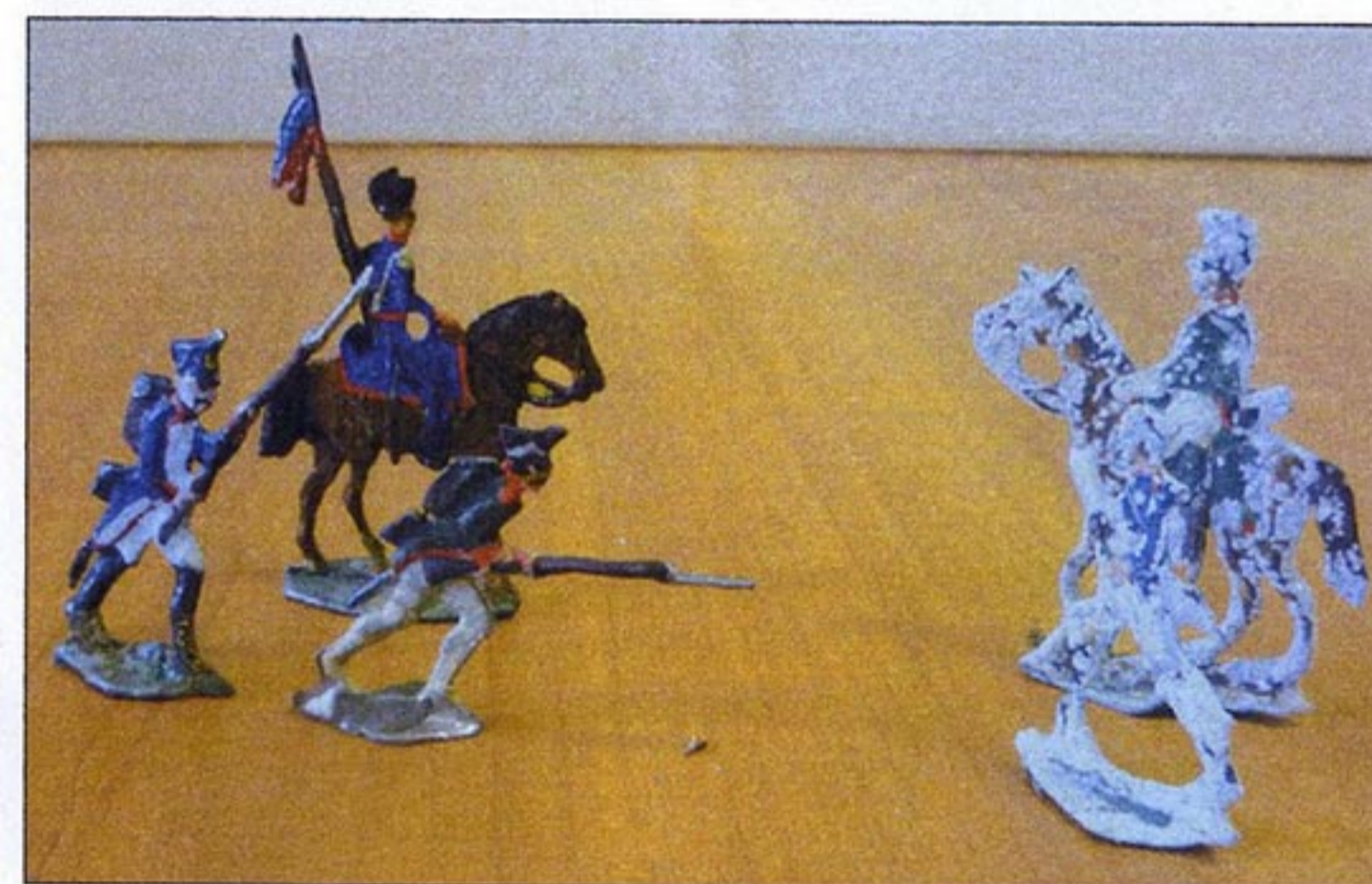


Рис. 3, 4. Поврежденные и сохранившиеся фигурки конных воинов после демонтажа