

Наталя Хамайко,
Наталя Онопрієнко

ЗАСТОСУВАННЯ РЕНТГЕНОГРАФІЧНОГО МЕТОДУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ АРХЕОЛОГІЧНОГО МЕТАЛУ ПОГАНОЇ ЗБЕРЕЖЕНОСТІ

Під час досліджень 2007–2011 рр. на Спаському розкопі київського Подолу [7, 20–31] з'ясовано, що в умовах агресивного вологого середовища наявність у культурному шарі металевого предмета часто ідентифікують під час виявлення переважно за кольором окислів, що контрастує з кольором ґрунту. Вплив хімічного складу ґрунту археологічного шару в поєднанні з підвищеною вологістю заплави Дніпра іноді призводить до тотального кородування предмета, аж до «розчинення» його в ґрунті. У цих випадках на місці предмета залишається конгломерат ґрунту, просякнутий продуктами корозії рудого або зеленого кольору залежно від виду металу.

Археологічний метал перебуває тривалий час у землі і піддається ґрунтовій корозії, спричиненій наявністю в ґрунті солей, вологи, кисню та інших хімічних сполук. При цьому ступінь корозії залежить від ступеню агресивності середовища, яке останнім часом все частіше стає предметом дослідження археомінералогії [5, 164–170]. Як правило, такий метал уражений міжкристалічною корозією, котра виникає на межах зерен, що призводить до послаблення механічної міцності і крихкості усього виробу [6, 34]. Культурні нашарування Подолу пережевані численними піщаними алювіальними відкладами, пухкими і насиченими киснем, а умови розташування в заплаві р. Дніпра забезпечує високу вологість. Стабільне поєднання цих факторів негативно сприяє на ступінь збереженості археологічних знахідок з металу.

Ступінь збереженості предметів у агресивному середовищі залежить і від цілого комплексу особистих характеристик металевого предмета. У першу чергу, це пов'язано з хімічною і структурною неоднорідністю металу, яка визначається особливостями техніки виготовлення і обробки виробу [4, 32]. Краще зберігаються:

- 1) більші і масивніші;
- 2) щільніші за структурою (наприклад, проковані після лиття предмети зберігаються краще) речі.

На ступінь збереження артефакту, очевидно, впливає і його власний елементний склад. Так, предмети з більш високоякісного металевого сплаву зберігаються краще, а виробничі «виплески», що містять велику кількість шлаків, іноді майже повністю зруйновані. Такі знахідки – це легкі грудочки ґрунту з кольоровими (залежно від кольору солей) прожилками і пористою структурою. Велика частина таких предметів перебуває в останній, п'ятій, стадії мінералізації [1, 266, рис. 2]: пунктирно збережене ядро, поверхня витіснена продуктами корозії і залягає кіркою на пухких продуктах хлористої міді або на порожнинах; декоративні покриття лежать на шарі хлоридів; продукти корозії сильно збільшені в обсязі. При спробі проведення польової реставрації таких знахідок хімічним способом, неминуче відбувається або повне розчинення, або зберігається сильно потоншене деформоване ядро, за яким можна робити лише припущення про початковий зовнішній вигляд предмета. Серед описаних стадій руйнування археологічного металу мало уваги приділено тій, за якої металу практично немає.

Реставрування таких предметів з київського Подолу та фондів НКПШЗ показало, що розкрити в лабораторних умовах під час механічної розчистки поверхня знахідок є кіркою продуктів корозії, що дуже приблизно повторює обриси предмета і лежить на порожнині, яка відділяє її від залишків ядра.

У таких випадках необхідним етапом атрибутування і реставрування археологічних знахідок є їхнє комплексне техніко-технологічне дослідження, під час якого бажано використовувати весь спектр методів, які дають змогу отримати максимально повну картину про матеріальну

складову частину пам'ятки. Повне ж уявлення про предмет часто дає лише систематичне застосування їх сукупності.

Серед інших дослідницьких методів (наукової фотофіксації, рентгено-флюорисцентного аналізу, металографічного і хімічного аналізів тощо) застосування рентгенографічного дослідження є одним з необхідних, а в деяких випадках єдино можливим засобом ідентифікування предмета.

Метод рентгенографії детально розроблений і широко застосований західними дослідниками не тільки для дослідження предметів мистецтва, але також і для археологічних артефактів, і ґрунтується на утворенні тіньового зображення на рентгенівській плівці під дією R₀-променів. Під час рентгенографування на досліджуваний предмет падає потік рентгенівських променів, які втрачають при проходженні через нього свою інтенсивність залежно від його товщини, щільності і матеріалу виготовлення. Промені, потрапляючи на рентгенівську плівку, засвічують останню відповідно до інтенсивності падаючого на неї випромінювання. Таким чином, на знімку формується тіньове зображення досліджуваного об'єкта [11, 3–11; 10, 7–40]. Рентген металевого виробу дає змогу виявити форму предмета, наявність декору, включень, поверхневих деформацій та, в особливо складних випадках, наявність металевого ядра, а інколи – встановити послідовність залягання і характер корозійних нашарувань. Однак у нашій країні рентгенографію використовують, в основному, для реставрування та проведення експертизи живописних творів. Під час реставрування археологічних предметів цей метод застосовують епізодично і безсистемно, хоча завдяки рентгенографічному дослідженню можна вивчити будову предмета, особливості технологічних прийомів, оцінити стан збереження пам'ятки.

Нещодавно цей метод успішно застосували в Центрі підводної археології Київського національного університету ім. Т. Шевченка на рентгено-телевізійному сканері. Було отримане кольорове зображення, на якому читаються контури збереженого металу і нашарування різного складу [2, 9, 13, рис. 2, 5].

Важливим етапом дослідження є інтерпретування рентгенівського знімка – негативного зображення досліджуваного пам'ятника. Проекція на знімку буде відображати поєднане зображення в одній площині по всій товщині предмета в точці проходження променя. Для інформативного прочитання знімка необхідно мати уявлення про фізичні властивості металу, техніки його обробки, послідовності протікання корозійних процесів, механізм руйнування металу в ґрунті. Інтерпретування рентгенівського зображення можливе лише за умови його безпосереднього зіставлення з пам'ятником.

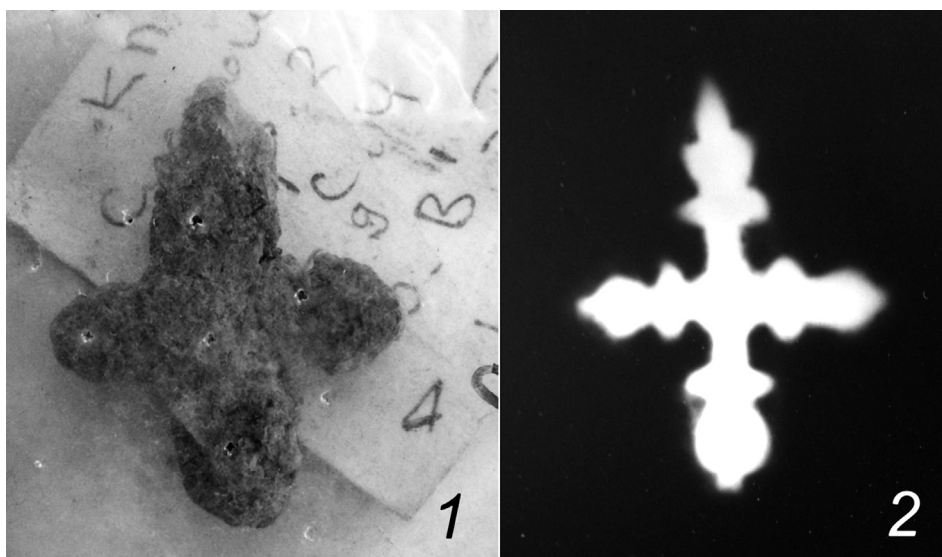


Рис. 1. Натільний хрестик зі Спаського розкопу після первинної механічної очистки (1) та на рентгенівському знімку (2).

Рентгенівський знімок предмета значно уточнює реставраційне завдання і дає змогу визначити межі допустимого втручання. Перед реставруванням археологічної знахідки з прихованою поверхнею необхідно отримати уявлення про матеріал предмета і стан його збереженості. Діючи наосліп шляхом механічних мікрозондажів є ризик втрат і руйнувань.

Для визначення стану збереженості металевого ядра деяких металевих експонатів з фондів археології НКПІКЗ та предметів зі Спаського розкопу, а у випадку з останнім ще й ідентифікування знахідок, нами було проведено рентгенографічне дослідження груп предметів, яке цілком себе виправдало. На рентгенівському знімку можна побачити обриси форми предмета або те, що збереглося до моменту виявлення, а при послідовному пошаровому просвічуванні рентгенівськими променями, змінюючи положення предмета щодо джерела випромінювання і регулюючи режими зйомки, точно встановити не тільки обриси предмета, а й його форму, декоративну обробку, спосіб виготовлення, що дає змогу ідентифікувати знахідку (рис. 1).

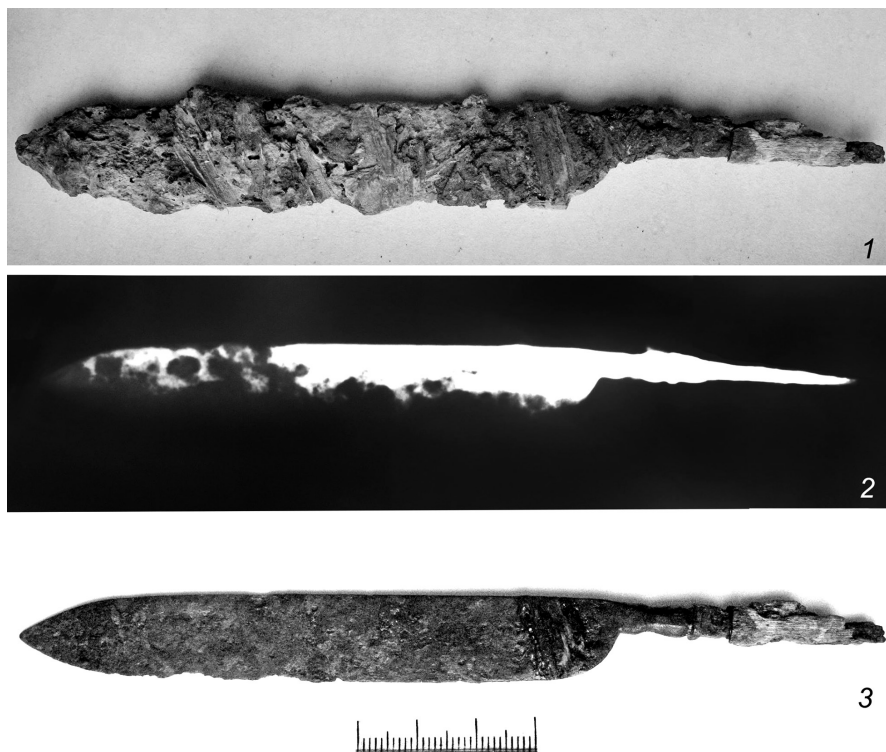


Рис. 2. Ніж з фондів НКПІКЗ (КПЛ-Арх-1309).

На отриманих рентгенознімках можна чітко визначити контури і розташування предметів всередині конгломератів, а також встановити ступінь збереженості металу в них. Колір продуктів корозії нерівномірно-сірий, повністю прозора (біла) тільки основа – вціліле металеве ядро. Конгломерати з продуктів корозії, змішаних з ґрунтом, в яких немає навіть обрисів предмета, – рівного сірого кольору з білими крапочками металевих включень (рис. 2).

Під час проведення археологічних досліджень на Спаському розкопі у заповненні наземної зрубної споруди другої пол. XII ст. (в межах горизонту в розкопі 1), що загинула в потужній пожежі, виявлено меч з чорного металу (рис. 3). Окрім загального високого ступеню агресивності ґрунту, ситуація погіршувалася механічними чинниками. У горизонті 7, що хронологічно передував зазначеному горизонту 5, поряд з місцем знахідки меча знаходився заглиблений котлован об'єкта, в який відбувалася просадка ґрунту з вище розташованих культурних нашарувань. Та й поблизу цього місця в горизонті 2, розташованому вище, знаходилася яма з будівельним сміттям (цегла, каміння, залишки розчину тощо), яка давила зверху на нижні горизонти і спричиняла їх зсув у вищезгаданий котлован з 7-го горизонту. Так що стан знахідки



Рис. 3. Меч зі Спаського розкопу, вийнятий монолітом і очищений від ґрунту в лабораторних умовах.

в момент виявлення був вкрай незадовільним. Окрім негативного впливу високих температур в момент пожежі і подальшого стабільного перебування в агресивному середовищі подільського ґрунту, який спричинив значний обсяг корозійних нашарувань, відзначалася осьова і площинна деформація предмета, а також втрата цілісності структури; частина леза меча внаслідок осової деформації залягала на ребрі, а виражені магнітні властивості читалися тільки в районі перехрестя і руків'я [8, 462–464].

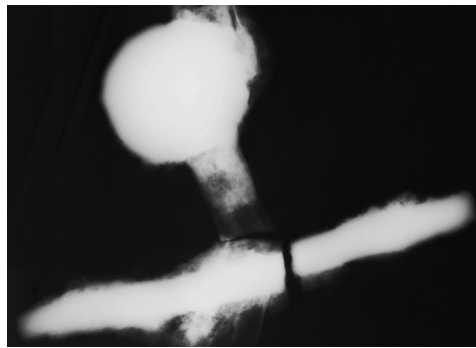


Рис. 4. Рентгенографічний знімок руків'я меча зі Спаського розкопу.

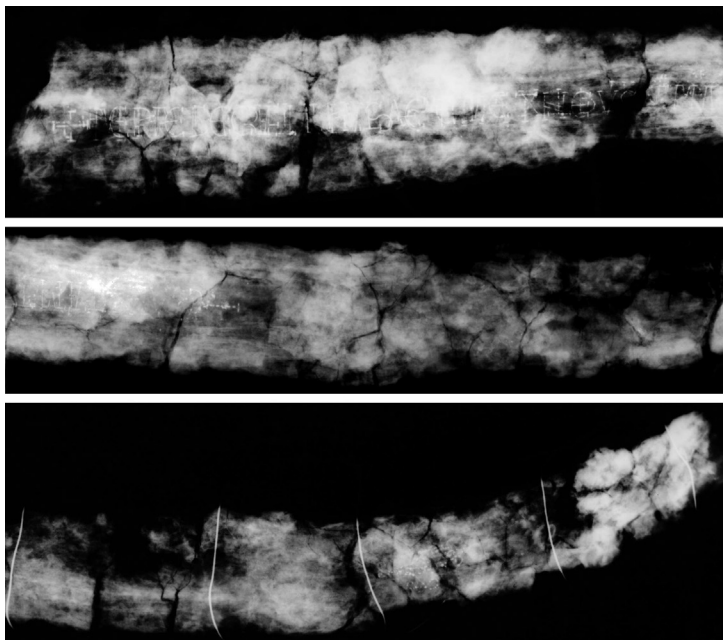


Рис. 5. Рентгенографічні знімки леза меча зі Спаського розкопу.

У зв'язку з поганою збереженістю меча у процесі його дослідження і реставрування проведено рентгенографічне дослідження. Знімки робили, в першу чергу, з метою встановлення меж контурів збереження металевого ядра. Оскільки предмет мав різноспрямовану деформацію і його частини знаходилися в різних площинах, було зроблено кілька знімків з варіюванням режимів (дослідження проводили на апараті РУМ– 20М, параметри зйомки – 63 кВт / 0,4 с / 150 мА). Були отримані рентгенівські зображення, на яких чітко проглядалися тріщини, випадки металу, було виявлено ступінь збереження і щільності ядра, і шару продуктів корозії (завдяки різниці в тоні зображення – чим менше металу, тим темніше) (рис. 3, 4). Згодом зіставлення знімку з предметом у процесі розчищення поверхні дало змогу контролювати ступінь втручання.

Найбільш цінна інформація, виявлена завдяки рентгенівському знімку, – напис латинськими літерами на обох боках леза по долу (рис. 4). Букви досить добре видно завдяки техніці, в якій вони виконані: в місцях насічки букв метал ущільнився [щодо техніко-технологічних особливостей нанесення клейм на середньовічних мечах див.: 9, 23–38], що виглядає на знімку як тонкі білі лінії. Ближче до нижньої частини леза виявлено фігурне клеймо, нанесене пунктиром (рис. 5), імовірно, знак майстра.

Під час механічної очистки виявлено, що букви напису незначно заглиблені в поверхню – сильно зруйнований нерівномірний шар мінералізованих фрагментів леза і дрібної консолідованої крихти. Внаслідок процесу кородування леза відбулося здуття місць насічки, завдяки чому букви дещо виступають над поверхнею, але більшою частиною зливаються з загальним корозійним шаром (рис. 6). Тільки завдяки зіставленню зі знітком на цьому етапі під час механічного розкриття ділянки поверхні долу вдалося виявити окремі знаки напису (рис. 7).

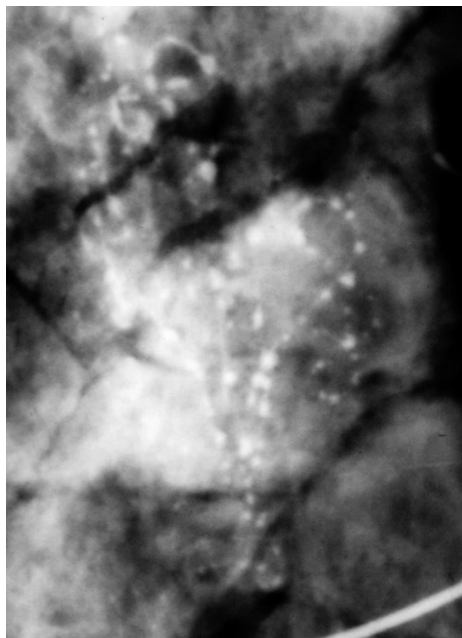


Рис. 6. Фрагмент рентгенографічного знімку леза меча зі Спаського розкопу.

Ми припускаємо, що напис було нанесено методом насічки, можливо, з подальшим закладанням у канавки (дрібні поглиблення) тонкої фракції іншого металу або ж без нього. У процесі поступового руйнування в ґрунті могло статися часткове витіснення інкрустації (якщо вона була) з поглиблень. Механічна розчистка поверхні леза меча ще не завершена, однак на наявних відкритих ділянках інкрустацію виявити не вдалося. Навіть виявлення оригінальної поверхні є в цьому випадку надскладним завданням, знайти ж в ній дрібні поглиблення майже неможливо. Таким чином, знайти букви на предметі *in situ* важко, а на знімку вони добре читаються. Вдалося встановити, що у напис понад 60 символів, а рядок однієї зі сторін починається словом BENEDIC. Це дає змогу віднести меч до V групи («benedic») за Д. Дрбоглавом [3, 56–61].

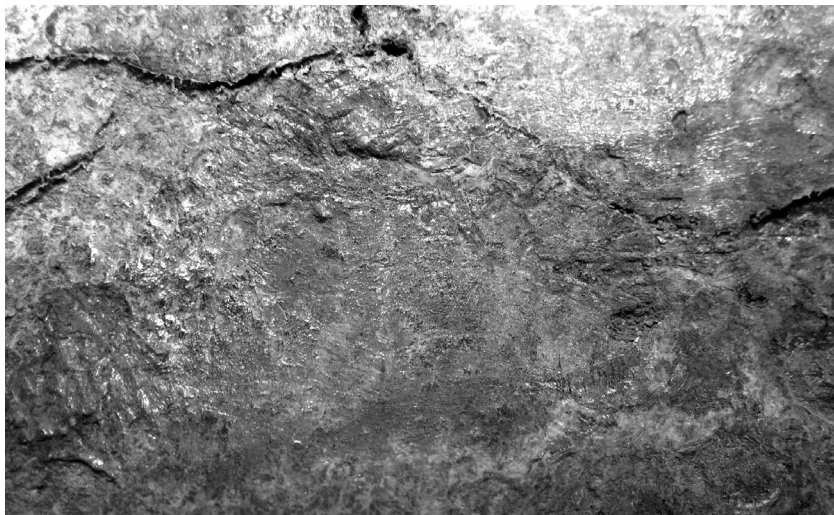


Рис. 7. Розчищена поверхня леза меча з літерою.

Описаний досвід виявляє можливості і демонструє необхідність використання рентгенографічного методу для дослідження археологічних пам'яток як під час реставрування, так і під час дослідження музеєфікованих предметів. Прагнення максимально швидко обробити знахідки і надати їм експозиційного вигляду може знижувати рівень інформативної бази, яку необхідно отримати з кожного, навіть максимально зруйнованого предмета. Це ж стосується випадків, коли під час дослідження музейних експонатів рентген не застосовували. Актуальною потребою вивчення музейних пам'яток є їхнє всебічне дослідження із застосуванням сучасних технічних засобів, які допоможуть виявити технологічні особливості їх виготовлення, структури та складу, невидимі під час візуального дослідження, але які значно розширюють наші знання про предмет.

Література

1. Буришева С., Смирнова Н. О сохранности археологического железа и дальнейшем развитии метода щелочного сульфита // **Реставрация и исследование памятников культуры Русского Севера**, № 4. Сб. статей. Вологда, 2011.
2. Валентинова Е., Зеленко С. Холодное оружие с кораблекрушения итальянской галеры XIII века в Черном море у берегов Крыма // **Вопросы подводной археологии**. Москва, 2015.
3. Дрбоглав Д. **Загадки латинских клейм на мечах IX–XIV вв.** Москва, 1984.
4. Дубинина О. **Межфазные превращения на границе раздела «железо (сталь) полимерный гель-электролит» и их использование для реставрации металлических объектов.** – Дис. ... канд. хим. наук. Томск, 2014.
5. Каздым А. Современные проблемы отечественной археологической минералогии // **Новые методы технологической минералогии при оценке руд металлов и промышленных минералов**. Сб. науч. статей по материалам российского семинара по технологической минералогии. Петрозаводск, 2009.
6. Мінжулін О. І. **Реставрація творів з металу**. Київ, 1998.
7. Сагайдак М., Хамайко Н., Комар О. Спаський розкоп Давньокиївського Подолу // **Пам'ятки України**. 2015. №5–6 (травень–червень). Києво-Поділ. Археологічні дослідження.

8. Хамайко Н., Онопрієнко Н. Меч з розкопок 2008 р. у Києві: дослідження і консервація // **Могилянські читання 2010. Проблеми збереження та вивчення музейних пам'яток. Сучасний стан, новітні технології, перспективи.** Зб. наук. пр. Київ, 2011.

9. *Moilanen M.* On the manufacture of iron inlays in sword blades: an experimental study // **Fennoscandia archaeologica.** XXVI. Published by The Archaeological Society of Finland, 2009.

10. *Shackley M. S.* (ed.) **X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) in Geoarchaeology.** Berkeley, 2011.

11. *Schreiner M., Frühmann B., Jembrih-Simbürger D., Linke R.* X-rays in art and archaeology: An overview // **Powder Diffraction.** Vol. 19. 2004.