

Problematyka konserwatorska zabytków wydobytych z nawarstwień podwodnych mostu zachodniego

MAŁGORZATA GRUPA

Szczegółowe badania zjawisk destrukcji materiałów zabytkowych są ważnym elementem postępowania konserwatorskiego, ponieważ ustawa o ochronie zabytków informuje, że dobrem kultury „jest przedmiot ruchomy lub nieruchomy, dawny lub współczesny, mający znaczenie dla dziedzictwa i rozwoju kulturalnego, ze względu na jego wartość historyczną, naukową lub artystyczną”. Dlatego niezbędne jest zrozumienie tego problemu i zapewnienie między innymi obiektom archeologicznym właściwych warunków przechowywania od momentu wydobywania aż do chwili dostarczenia ich do laboratorium i zapewnienia im właściwego przebiegu procesu konserwatorskiego.

Zabytki archeologiczne wykonane z surowców organicznych zalegające w jeziorach, morzach czy nawarstwieńiach średniowiecznych i nowożytnych miast przebywały przez wieki w stosunkowo stałych warunkach beztlenowych. Jeśli nie zachodziły gwałtowne zmiany warunków zalegania od momentu złożonego depozytu, to ich kształty i wielkość są w miarę dobrze zachowane. W trakcie trwania podwodnych badań archeologicznych każdy nurek schodzący pod wodę powinien być świadomy, jakie warunki panują pod wodą i jaki to ma wpływ na odkrywane zabytki. Jeśli każdy członek ekipy będzie świadomy tego, że konserwacja i dokumentacja zaczynają się z chwilą odkrycia obiektu, to efekt końcowy zabezpieczenia zabytków będzie sukcesem całego zespołu. Materiał zalegający na dnie jeziora pod wpływem procesów erozyjnych ulega destrukcji (Grupa 2000: 163). W trakcie podnoszenia i wynoszenia na powierzchnię zmienia się ciśnienie otoczenia, co ma ogromny wpływ na strukturę obiektu. Transport zabytków na powierzchnię powinien odbywać się bardzo powoli, w sztywnych pojemnikach z nawierconymi otworami (Grupa 2000: 164, ryc. 1). Pozwala to na swobodny przepływ wody przez pojemnik i mniejsze straty w masie obiektów. Po wydobywaniu obiektów na powierzchnię powinny one trafić w ręce doświadczanego konserwatora.

Jak już wcześniej wspomniano (Grupa 2000), każdy z obiektów należy traktować indywidualnie, każdy materiał stawia przed konserwatorem nowe, trudne zadania. Ogólnie rzecz ujmując, obowiązkiem konserwatora jest

usuniecie przyczyn zniszczeń i prawidłowe zabezpieczenie zabytku. Podstawą zabiegów przy materiałach organicznych jest usunięcie wilgoci lub wody i wprowadzenie w zamian preparatu, który będzie utrzymywał całą strukturę obiektu. Preparat powinien spełniać określone warunki: być odporny na czynniki atmosferyczne, charakteryzować się dużą odpornością mikrobiologiczną, nie powinien zmieniać barwy obiektu, wykazywać się dużą stabilnością, a co najistotniejsze, powinien być usuwalny z obiektu.

W okresie powojennym metody stosowane w konserwacji zabytków wykonanych z surowców organicznych prowadziły do całkowitego ich zniszczenia, ponieważ używane chemikalia, które z biegiem czasu, najczęściej przy złych warunkach przechowywania, ulegały rekrystalizacji wewnątrz obiektu, migrowały na powierzchnię, co prowadziło do całkowitego rozpadu zabytkowego przedmiotu (najczęściej w miejscu składowania pozostawał tylko proszek). Głównym zadaniem konserwatorów było znalezienie nowych preparatów chemicznych i opracowanie skutecznych metod zabezpieczania zabytków. Poważny przełom w konserwacji nastąpił w latach 60. i 70. ubiegłego wieku w Szwecji (Barkman 1967), Wielkiej Brytanii (Blackshaw 1975: 51–58; Tomashevich 1969: 165–186), Niemczech (Damman, Salemke 1971: 21–32; Hoffman 1979: 41–44) i w innych krajach (Seborg, Inverarity 1962: 111–120; de Jong 1975: 1–9; Kato, Koiwai, Kuwano 1979: 937–947; MacLeod, Donald, North 1980: 11–15). Zaczęto testować poliglikole etylenowe i inne chemikalia w konserwacji mokrego drewna i skóry. Archeologiczne badania poza kołem podbiegunowym zainspirowały badaczy do wprowadzenia konserwacji zabytków organicznych poprzez zamrażanie (*freeze-drying*), ponieważ obiekty wydobywane ze zmarzliny były w dobrym stanie zachowania, a minusowa temperatura hamowała rozwój mikrobów (Segal, MacDonald 1984: 83–84; Peacock 1987: 76–84). Wprowadzenie nowych metod łączyło się z koniecznością wykorzystania wielu urządzeń mechanicznych. Projektowano i konstruowano na potrzeby konserwacji wanny z termoregulacją, cieplarki, szafy klimatyzacyjne, dostosowywano pompy próżniowe o różnej wydajności oraz liofilizatory. Zagadnieniami

związanymi z rozwiązywaniem problemów technicznych zajmowali się chemicy i fizycy¹.

Poszukując bezpiecznych środków na obecnym etapie badań mostu zachodniego, zespół badaczy w pierwszej kolejności eliminował żywice i woski naturalne, oleje schnące, które w niektórych okresach były dość popularnymi środkami konserwatorskimi używanymi do obiektów organicznych. Ale ich natura chemiczna i właściwości przyczyniały się do dalszej destrukcji surowca organicznego. A niekiedy doprowadzały do całkowitego jego zniszczenia. Często wyciekały z obiektu, co powodowało kolejne zapadanie się komórek, skręcenie wokół własnej osi, skurcz wzdłużny i poprzeczny, powierzchnia obiektów była lepka i zbierała wszelkie zanieczyszczenia z atmosfery.

Przy wyborze metod konserwacji dla zabytków z mostu zachodniego², skorzystano z doświadczeń konserwatorskich z poprzednich lat. Konserwacja zabytków pochodzących z badań nawarstwień mostu wschodniego (Grupa 2000) dostarczyła najwięcej doświadczeń konserwatorskich w kategorii zabytków wydobytych ze słodkiej wody. Kolejny ogromny zespół, który wymagał znajomości metod konserwacji zabytków archeologicznych wszystkich kategorii, to zabytki pochodzące z Katynia. Szczególnie cała kolekcja z dołów śmierci oficerów polskich zamordowanych przez NKWD w kwietniu i maju 1940 r. w Charkowie. W Charkowie miano do czynienia z podłożem lesowym, które utrzymywało zabytki w bardzo wilgotnym stanie³ i cały program konserwatorski realizowano, jak przy zabytkach wydobytych z wody (Grupa 1996: 75–78; 1998: 75–83; 2001: 155–167, Drażkowska, Grupa 1996: 78–90). Ze względu na to, że obiekty te wydobyto z wody, głównie zwracano uwagę na właściwe ich zabezpieczenie bezpośrednio po wydobyciu i odpowiednie zapakowanie do transportu. Następnie na proces stabilizacji wewnątrz struktury drewna, skóry, metalu, poroża po wprowadzeniu impregnatu. Chodziło przede wszystkim o to, aby zachować wymiary i kształty i wzmocnić strukturę przy jak najmniejszej ilości procesów. Dobra znajomość właściwości impregnatu (masy cząsteczkowej, stopnia polimeryzacji, napięcia powierzchniowego i kohezji) i stopnia zniszczenia obiektu, wzajemne relacje impregnat–obiekt, pozwalają często zminimalizować ilość pęknięć powierzchni-

wych i kurczenie się obiektu w czasie suszenia. Najlepsze i najtrwalsze efekty suszenia uzyskujemy w komorze próżniowej. Istotną sprawą jest właściwy dobór parametrów próżni dla poszczególnych surowców i impregnatów. Wykorzystywanie próżni do suszenia obiektów to właściwie same pozytywne strony: przede wszystkim oszczędza czas, np.: suszenie zabytków skórzanych w workach foliowych lub eksykatorach trwa od pół do roku, a w próżni od trzech do siedmiu dni (zależy to od grubości skór i parametrów próżni). Dodatkową zaletą jest likwidowanie zagrożenia mikrobiologicznego. Często w długotrwałych procesach suszenia, przy skraplaniu się pary wodnej na ściankach worków foliowych lub szkle, pojawiały się nowe ogniska drobnoustrojów i zabieg suszenia po kolejnej dezynfekcji wydłużał się o następne tygodnie lub miesiące. Przy przeprowadzaniu tego zabiegu w komorze próżniowej nie ma tego problemu. W ostatnich czterdziestu latach dość szeroko stosowano na zachodzie Europy metodę konserwacji poprzez zamrażanie⁴ (Christensen 1970: Kawai, Masuzawa 1974: Biek 1975).

Jak zawsze każda metoda ma swoich przeciwników i zwolenników. Pomijając bardzo wysokie koszty aparatury, proces jest prosty i niewymagający dużych nakładów kosztów, a przede wszystkim oszczędza czas, co pozwala zająć się dużo większą ilością uratowanych zabytków organicznych. W Instytucie Archeologii UMK⁵ od 2000 r. prowadzone są badania nad udoskonaleniem tej metody. Przy konserwacji małych, drewnianych obiektów skorzystano w początkowej fazie prac z kilkunastoletnich doświadczeń Muzeum Morskiego w Gdańsku (Dyrka, Jagielska 1981). Natomiast trochę inna sytuacja jest przy obiektach o dużych wymiarach. Korzysta się oczywiście z literatury zachodniej, która jednak nie daje odpowiedzi na wszystkie problemy związane z tą metodą konserwacji (Jespersen 1979; Clarke, Squirrel 1981; Cook, Grattan 1984; Grattan 1987). Najistotniejsze jest właściwe określenie rodzaju zniszczeń w obiekcie, następnie wybór właściwego impregnatu i dobór parametrów próżni do poszczególnych gatunków drewna, rodzaju skór czy tkanin. Najczęściej są podane ogólne zasady dla surowców bez rozróżnienia ich na gatunki i rodzaje zniszczeń. Należy jednak zwrócić uwagę na kilka istotnych problemów związanych z tą metodą. Obiekty zanurzamy w 10% roztworze

¹ W toruńskim zespole pracowali: prof. dr hab. R. Dygdała, dr P. Płociennik i dr A. Zawadzka z Instytutu Fizyki UMK w Toruniu.

² Autorka artykułu zajmowała się tylko niewielką częścią konserwacji zabytków z mostu zachodniego, ogromną większość wykonano w Pracowni Konserwacji Muzeum Pierwszych Piastów na Lednicy.

³ Zabytki znajdowały się w masie tłuszczowo-woskowej z rozkładu ciał spoczywających w dołach śmierci. Masa woskowo-tłuszczowa dodatkowo chroniła organiczne zabytki przed całkowitym rozkładem.

⁴ Historia suszenia próżniowego zaczęła się od osuszenia próżniowego kawy w latach 40. przez Nestle. Sam proces próżniowego suszenia odkryty został podczas II wojny światowej i służył głównie do konserwowania preparatów krwiopochodnych oraz penicyliny. Do dziś jest wykorzystywany w przemyśle farmaceutycznym oraz spożywczym jako metoda pozwalająca wydłużyć datę przydatności do spożycia poszczególnych produktów żywnościowych (McCleary 1987).

⁵ Zakup aparatury próżniowej dla Pracowni Dokumentacji i Konserwacji Zabytków Archeologicznych w Instytucie Archeologii UMK w Toruniu został sfinansowany przez Fundację na Rzecz Nauki Polskiej w ramach programu ARCHEO II. Część konserwatorska projektu badawczego ARCHEO II obejmowała następujące zadania: wykonanie aparatury próżniowej z układem chłodzącym, opracowanie i udoskonalenie metod wykorzystywanych w konserwacji zabytków archeologicznych oraz badania metalograficzne.

PEG-u 400⁶, więc do drewna wnika od 5 do 8% tego impregnatu, zależy to najczęściej od gatunku drewna. Jeśli jest to miękkie drewno i grubość przedmiotu do 10 cm, jest szansa, że impregnat wniknie we wszystkie komórki. Jeśli jest to twarde drewno dębowe, preparat przenika tylko do warstw powierzchniowych i nie zależy to od czasu kąpieli w roztworze. Przeciętny czas kąpieli w roztworze to 15 tygodni. Kolejnym krokiem jest zamrażanie obiektów. Każdy obiekt jest pakowany indywidualnie do worka foliowego. Istotne jest, aby wytworzyć odpowiedni rozmiar kryształów lodu. Większe kryształy łatwiej poddać procesowi próżniowego suszenia w niskiej temperaturze, ale zbyt duże mogą kompletnie zniszczyć wewnętrzną strukturę materiału.

Materiał organiczny powinien być zamrażany powoli lub cyklicznie, tzn. w dół i w górę do uzyskania właściwej temperatury (Grupa, Płóciennik, Zawadzka 2008: 139). Każdy obiekt wkładano do foliowego worka i umieszczano w zamrażarce, która w początkowej fazie jest zaprogramowana na -6°C . Po 2 dniach zaprogramowano wskaźnik temperatury na -4°C . Następnie w cyklach tygodniowych zmniejszano temperaturę od -6°C aż do -30°C . Po osiągnięciu tej temperatury zabytki wyjmowano z zamrażarki i worków foliowych, po czym układano je na półkach w komorze próżniowej⁷ tak, aby każdy obiekt przylegał do powierzchni półki. Następnie włączano chłodzenie i próżnię. Proces sublimacji przebiega w różnym czasie dla różnych gatunków drewna. Po wykonaniu zabiegu trzeba pamiętać, że w zabytku znajduje się bardzo mało impregnatu i jest on narażony na urazy mechaniczne, które łatwo mogą doprowadzić do zniszczenia obiektu. Dlatego istotne jest bardzo ostrożne postępowanie z takimi zabytkami. Przede wszystkim należy zadbać o to, aby w czasie przenoszenia i przechowywania obiektu napięcie powierzchniowe było równomiernie rozłożone na całej długości (Grupa 2009). Zabiegom konserwacji poprzez zamrażanie poddano następujące zabytki pochodzące z mostu zachodniego: deskę z otworami nr inw. 6/00; łopatę drewnianą nr inw. 22/00 (ryc. 3 – K. Radka, w tym tomie); płożę sań nr inw. 32/00 (ryc. 1 – K. Radka, w tym tomie) i młot drewniany 222/01, rylec radła 4/02. Każdy z tych obiektów zanim trafił do wody był wykorzystywany przez mieszkańców wyspy lub okolic. Wszystkie one nosiły ślady zużycia. Miały one powierzchniowe spękania, część powierzchni była obłupana,

a części pracujące miały różnego rodzaju wżery. W trakcie sublimacji te zniszczenia często się powiększają, ponieważ zawsze następuje skurcz wzdłużny i poprzeczny drewna. Bardzo czytelnie zostało to zaznaczone na płożu sań, gdzie spękania wzdłuż rdzenia zamieniły się w jedną szczelinę (ryc. 1).

Część obiektów drewnianych konserwowano PEG-iem 4000. Szczególnie istotne były obiekty o kolistych kształtach – czerpak z niedźwiedzią głową nr inw. 16/87. Po doświadczeniach z PEG 400 i 4000 (Grupa 2000: 213; 2009: 123–125; Grupa, Płóciennik, Zawadzka 2008: 133–145; Grupa, Płóciennik, Zawadzka 2009: 159–184) można już określić dość szczegółowo zalety i wady tych dwóch metod. Dla małych kolistych przedmiotów powinna być zalecana konserwacja PEG 4000, ponieważ w półrocznym, a nawet czasami rocznym procesie impregnacji, struktura drewna zostaje należycie wzmocniona – impregnat wypełnia 60–80% przestrzeni w komórce. Daje to drewnu dość dużą wytrzymałość. Przy suszeniu w próżni nie następują duże różnice w rozmiarach spękań, jakie znajdowały się przed impregnacją na zabytkach, a kolisty przedmiot nie ulega deformacji. Można przy suszeniu wykorzystać stelaże wypełniające obiekt i podtrzymujące ścianki w czasie impregnacji. Decydując się jednak na tę metodę, należy pamiętać, że drewno zawsze ściemnieje. Natomiast płaskie obiekty można poddać konserwacji PEG 400 poprzez zamrażanie, pamiętając jednocześnie o małej wytrzymałości mechanicznej obiektu. PEG 400 ma niski ciężar cząsteczkowy, co pomaga w szybkim przenikaniu tej substancji do wnętrza zabytku i pozwala w miarę szybko i skutecznie wzmocnić ściany komórkowe drewna, a w konsekwencji powstrzymać ich kurczenie. Przy wypukłych i cienkich ściankach ta metoda się nie sprawdza, ponieważ następują dość duże odkształcenia a wszystkie spękania pogłębiają się lub powodują rozdzielenie obiektu na kilka części (Grupa 2000).

Skóry zabytkowe zachowują się w różnych warunkach przez wieki. Pochodzą zarówno z lodu, bagien, pustyni, jak i nawarstwien późnośredniowiecznych miast. Wspólnym czynnikiem, łączącym wszystkie wymienione przypadki jest środowisko. Bardzo odmienne działały w nich różne czynniki: obniżona wilgotność, obniżona temperatura. We wszystkich przebieg był zredukowany przez albo za małą, albo za dużą ilość wody w strukturze skóry

⁶ PEG – to glikol polietylenowy, który jest substancją syntetyczną. Występuje z numerami (PEG 200, PEG 400, PEG 4000 itd.), które charakteryzują średnią wagę, cząsteczkową, a tym samym konsystencję danego impregnatu. Niska waga cząsteczkowa (300–600) to substancje płynne, średnie to półpłynne. W miarę zwiększania się wagi cząsteczkowej impregnat uzyskuje konsystencję półpłynną (1000–1500), a dalej (3250–6000) stałą. PEG rozpuszcza się zarówno w alkoholu, jak i w wodzie.

⁷ Komora próżniowa wykonana jest ze stali kwasoodpornej. Jej objętość wynosi około 0,9 m³. Wewnątrz komory znajdują się dwie półki chłodnicze o wymiarach 600 x 800 mm każda oraz zintegrowany kondensator par. Próżnia wewnątrz komory jest otrzymywana przy wykorzystaniu dwustopniowej pompy rotacyjnej, odseparowanej od komory za pomocą zaworów próżniowych. Pomiar ciśnienia w komorze dokonywany jest za pomocą próżniomierza oporowego. Zakres ciśnień całkowitych uzyskiwanych w komorze próżniowej wynosi od ciśnienia atmosferycznego do zakresu próżni niskiej $1,0 \times 10^3$ – $3,0 \times 10^3$ hPa. Chłodzenie zostało zrealizowane o jednostopniowy sprężarkowy agregat chłodniczy, która umożliwia obniżenie temperatury półek chłodniczych do -36°C (Grupa, Płóciennik, Zawadzka 2008: 135–136).



Ryc. 1. Fragment płozy sań z widocznymi spękaniem wzdłuż rdzenia (fot. M. Grupa).
Fig. 1. Sledge runners' fragments with cracks visible along the core (photo M. Grupa).

lub też przez zredukowaną temperaturę. Jeśli skóra znalazła się w określonych warunkach, to najważniejszym z czynników jest ich stabilizacja bez gwałtownych wahań. Skóry zabytkowe pochodzą z różnorodnych warstw gleby, a więc procesy zachodzące w nich przebiegają bez światła. Skóra to skomplikowana struktura. Na stan jej zachowania mają także wpływ czynniki, które zaistniały zanim trafiła do depozytu ziemnego. Istotne jest, z jakiego zwierzęcia pochodziła skóra, czy było stare czy młode, z jakiej partii zwierzęcia (np. kark, podbrzusze, zad czy inne części). W jaki sposób skóra była garbowana, jakie zniszczenia powstały w trakcie użytkowania – tzn. jakie tłuszcze, oleje i woski zostały wprowadzone do skóry po jej garbowaniu. Niemały też wpływ na skórę ma ludzki pot, który należy traktować także jako element destrukcyjny, oddziałujący na związki chemiczne zawarte w skórze. W literaturze znajdujemy dużo informacji i spekulacji na temat mechanizmów zniszczeń zachodzących w skórze. Podsumowaniem tych wiadomości jest opracowanie M. Florian (2006: 36–57), w którym znajduje się też podstawowa literatura.

Największym szokiem dla skór jest ich wydobycie na powierzchnię i kontakt ze światłem i warunkami atmosferycznymi. Po wydobyciu skóry zaczynają się rozkładać w przyspieszonym tempie, bo mają na to wpływ mikroorganizmy. Skóry wydobyte z wody lub mierzwy muszą być mokre, ale nie muszą być w wodzie. Trudno jest stworzyć, szczególnie w terenie, warunki beztlenowe, ale użycie grubych folii ogranicza dostępność tlenu. Należy też zadbać o niską temperaturę, bo ona zawsze spowalnia procesy rozkładu i odizolować od światła, zarówno sztucznego, jak i słonecznego. Oczywiście, należy też podkreślić, że jak najszybsze dostarczenie zabytków do pracowni konserwacji jest najważniejszym rozwiązaniem.

Jak już wcześniej wspomniano, skórzane zabytki pozyskiwane w trakcie badań archeologicznych posiadają różny stopień zawilgocenia. To właśnie woda w dużej mierze utrzymuje ich kształt i wielkość. Dlatego zaraz po wydobyciu, zanim zostaną podjęte jakiegokolwiek prace, należy zabezpieczyć zabytki przed utratą wilgoci. Zabiegi konserwatorskie powinny mieć na celu zastąpienie, znajdującej się w wewnętrznych strukturach obiektu wody – impregnatem, który wzmocni skórę, poprawiając jej wytrzymałość na uszkodzenia mechaniczne i chemiczne oraz zwiększy odporność na destrukcyjne oddziaływanie mikroorganizmów.

W wyniku długotrwałego zalegania, ulega destrukcji kolagen, większość wprowadzonych do skór substancji w trakcie garbowania⁸ zostaje wypłukana. Powoduje to utratę pierwotnych właściwości oraz spadek odporności na czynniki chemiczne i mechaniczne. Osłabienie i stwardnienie skóry oraz jej ciemne zabarwienie wywołują również znajdujące się w glebie kompleksy taninowo-żelazowe.

Podstawowym zabiegiem, wspólnym dla wszystkich rodzajów impregnacji, jest właściwe oczyszczenie skór. Należy usunąć brud, który się przykleił do powierzchni i pomógł w jej zachowaniu. Mokre skóry zanurza się w wodzie i oczyszcza miękkimi pędzlami lub szczoteczkami. Często skóra ma różnokolorowe zabarwienia pochodzące z soli metali: rdzawo-pomarańczowe są od produktów żelaza, a zielono-niebieskie od miedzi. Przy obuwu czy paskach są to produkty pochodzące z różnego rodzaju klamerek i nitów. Natomiast czarne zabarwienie wywołują siarczany. Skóry zanurza się w 3–5% roztworze kwasu cytrynowego. W początkowej fazie roztwór jest przezroczysty. Po 20 lub 30 minutach zaczyna się zmieniać barwa roztworu na żółtą. Po 2–3 godzinach skóry są płukane

⁸ Wczesnośredniowieczne skóry garbowane były roślinnie.

pod bieżącą wodą do uzyskania pH w miarę obojętnej. Następnie obiekty zanurza się w 3% roztworze amoniaku w celu ich neutralizowania i ponownie płuczemy. Po tym zabiegu należy zdecydować się na metodę impregnacji skór.

W Instytucie Archeologii UMK stosowane są w większości dwie metody wzmacniania skór⁹. Pierwsza z nich to dogarbowywanie skór w 5% roztworze wodno-acetonym sumaku (Rosa, Gussman 1993). Dogarbowywanie trwa od 3 do 5 tygodni. Następnie zabytki skórzane są płukane pod bieżącą wodą. Kolejny krok to wyprowadzenie wody ze struktury poprzez nasączenie roztworem acetonu i benzyny lakowej w stosunku 3:1. Następnie skóry są pokrywane kompozycją z lanoliny, wosku pszczelego, olejku kopytkowego w benzynie lakowej. Po rozprostowaniu na podkładach owija się je szczelnie folią i umieszcza w cieplarni w temperaturze 40°C. Po tygodniowym pobycie w cieplarni, o ile zachodzi taka potrzeba, oczyszcza się z nadmiaru impregnatu. Końcowym zabiegiem jest bardzo powolne suszenie. Drugą metodą impregnacji zabytków skórzanych stosowaną w instytucie jest suszenie skór w niskich temperaturach z wykorzystaniem komory próżniowej. Obiekty umieszcza się w kompozycji 15% PEG 400 i 15% gliceryny¹⁰. Do konserwacji skór wybrano PEG 400 ze względu na to, że niska waga cząsteczkowa ułatwia wnikanie w struktury obiektu. Bardzo istotna jest ponadto inna cecha PEG: dodany do wody, powstrzymuje powstawanie zbyt dużych kryształków lodu, które formują się podczas procesu zamrażania. Pełni on także funkcję środka nawilżającego, dzięki czemu zapobiega nadmiernemu kurczeniu się skóry. Skóry w impregnacji zanurza się na 7 dni. Po wyjęciu ich z kąpeli nadmiar impregnatu jest odsączony. Fragmenty skór wkłada się pojedynczo do worków foliowych i umieszcza w zamrażarce. Obiekty zamraża się stopniowo od -2°C do -20°C. Zamrożenie powoduje rozdzielenie roztworu wodnego zawartego w produkcie organicznym na mieszaninę dwóch faz: kryształów lodu i zagęszczonego roztworu wodnego. Aby rozmiar kryształów nie przekraczał wartości krytycznej, dla której w dalszych etapach procesu sublimacji istnieje zagrożenie deformacji struktury danego materiału, nie jest wskazane gwałtowne zamrażanie. Dlatego zamrażanie przebiega stopniowo, skóra powinna być na przemian zamrażana i częściowo rozmrażana (w taki sam sposób postępuje się z mokrym drewnem archeologicznym).

W procesie próżniowego suszenia w niskiej temperaturze wymiana ciepła następuje pomiędzy powierzchnią zewnętrzną materiału i jego głębszymi warstwami, a cały

proces wymiany ciepła ze środowiskiem zewnętrznym izolowany jest przez próżnię. Przepływ ciepła następuje pomiędzy powierzchnią zewnętrzną materiału a powierzchnią izotermiczną, która w przypadku skór jest zewnętrzną powierzchnią zamrożonego roztworu wodnego mieszaniny impregnatów. Jeżeli materiał poddany impregnacji znajduje się w odpowiednich warunkach, tzn. w odpowiednim stosunku ciśnienia i temperatury, zachodzi proces sublimacji zawartej w nim wody. Temperatura i ciśnienie procesu powinny być dobrane tak, aby procesowi sublimacji podlegała jedynie woda, a nie mieszanina impregnatów (Grupa, Płóciennik, Zawadzka 2008; 2009).

Przed wprowadzeniem do komory zamrożony materiał znajduje się w stanie równowagi termodynamicznej z otoczeniem. Zmiana warunków otoczenia, w tym przypadku obniżenie ciśnienia, powoduje ustalenie zupełnie nowych parametrów stanu równowagi termodynamicznej, do której układ będzie dążył. W warunkach niższego ciśnienia układ posiada nadmiarową energię, która może być zużyta na proces przemiany fazowej np. sublimację. Celem prac konserwatorskich jest przywrócenie skórze jak najlepszych właściwości fizycznych poprzez zastosowanie do impregnowania różnych mieszanin, w których fragmenty skór są moczone przed zamrożeniem i zasadniczym procesem suszenia w niskich temperaturach (*freeze-drying*).

Z analizy otrzymanych danych pochodzących z konserwacji skór z Gdańska, Kijowa¹¹ i Inowrocławia wynika, że największy ubytek masy następuje w ciągu pierwszej fazy procesu (około 5 godzin)¹². Dalszy etap: dosuszanie, przebiega już bardzo powoli, a różnice w wadze obiektów są nieznaczne. Niemniej przy zmiennych warunkach otoczenia (tj. temperatura, wilgotność), w jakich obiekt będzie przebywał, jest on bardzo istotny, ponieważ służy również zabezpieczeniu obiektu przed działaniem mikroorganizmów. Zbyt wczesne jego zakończenie jest niekorzystne dla skóry archeologicznej i może sprzyjać rozwojowi bakterii i pleśni.

Zachowanie kształtu oraz struktury zewnętrznej materiału poddanego procesowi suszenia ocenia się zwykle poprzez porównanie rozmiarów materiału przed procesem suszenia oraz po wysuszeniu w warunkach normalnych, tj. w temperaturze pokojowej pod ciśnieniem atmosferycznym.

Skóry po impregnacji mieszaniną PEG 400 i gliceryny, uzyskują brązową barwę, są elastyczne. Ornamenty znajdujące się na obiektach nie tracą swej plastyczności. Można nadawać im kształt po całkowicie zakończonym procesie suszenia, co umożliwia wykonanie rekonstruk-

⁹ Wcześniejsze metody konserwacji skór w Instytucie Archeologii UMK przedstawione zostały w publikacji M. Grupy (Grupa 2000).

¹⁰ Gliceryna to zwyczajowe określenie glicerolu, którego prawidłowa nazwa chemiczna brzmi propanotriol. Jest on najprostszym alkoholem trójwodorotlenowym szeroko wykorzystywanym w produkcji kosmetyków i garbarstwie.

¹¹ Były to elementy obuwia pochodzące z dołów śmierci oficerów polskich zamordowanych przez funkcjonariuszy NKWD w 1940 r.

¹² Badania dotyczące materiałów organicznych suszonych w niskiej temperaturze z wykorzystaniem komory próżniowej autorka prowadzi z pracownikami Instytutu Fizyki UMK dr Anną Zawadzką i drem Przemysławem Płóciennikiem (Grupa, Płóciennik, Zawadzka 2008, 2009).

cji poszczególnych zabytków. Gdy stosuje się konserwację poprzez dogarbowywanie, rekonstrukcja musi być wykonana, gdy skóry są jeszcze wilgotne, ponieważ po zakończeniu procesu można je uszkodzić. Ich elastyczność nie jest wystarczająca. Ponadto na korzyść metody próżniowej przemawia fakt, że w bardzo krótkim czasie można zaimpregnować bardzo dużą ilość skór. Metoda konserwacji skór z wykorzystaniem suszenia w niskich temperaturach (*freeze-drying*) jest całkowicie odwracalna i w razie potrzeby można w prosty i szybki sposób wprowadzić impregnat z obiektów.

Praca i dyskusje nad konserwacją poprzez zamrażanie i wykorzystywanie w tym procesie różnorodnych odczynników chemicznych, będzie trwała jeszcze długie lata, ponieważ zabytki wykonane z surowców organicznych zmuszają do podejmowania wielu prób, które w efekcie pozwolą na rozwiązywanie różnych problemów krok po kroku.

Do unikatowych zabytków wydobytych z dna Jeziora Lednickiego należy zaliczyć dwa pojemniki wykonane z poroża jelenia (W. Matuszewska-Kola, *Przedmioty z kości i poroża*, ryc. 1, w tym tomie). Obiekty z obrobionego poroża czy kości zawsze przysparzają konserwatorom sporo problemów. Poroże jeleni, reniferów, łosi zrzucane jest corocznie z głowy zwierzęcia. Ma ono podobny skład, jak kość, tzn. zewnętrzna warstwa, która jest twarda i jednolita, otacza gąbczastą materię wewnętrzną. Kości zwierzęce i poroże zawierają bardzo dużo informacji o anatomii i fizjologii zwierząt, informują o ich diecie, określają wiek i ewentualne patologie widoczne na powierzchni i w strukturze substancji organicznej. Układając program analiz struktury kości i innych materiałów organicznych należy pamiętać, że wszystkie badania trzeba wykonać przed zabiegami konserwatorskimi, ponieważ wszelkie działania środkami impregnującymi wprowadzają nieodwracalne zmiany w strukturze chemicznej tkanek. Zanim poroże zostało przysposobione jako przedmiot użytkowy wykonano na nim szereg zabiegów, które pozbawiły jego strukturę wielu organicznych substancji zawartych w zdrowym porożu. W jakim zakresie zostało ono pozbawione tych substancji, trudno określić. Do tego należy dodać procesy chemiczne, fizyczne i biologiczne zachodzące w trakcie zalegania w wodzie, podczas których ulegają zmianie substancje organiczne, a także nieorganiczne zawarte w kości (Goffier 2007: 212). Mineralne składniki mogą być wybiórczo lub całkowicie wypłukane przez falującą wodę. Biorąc pod uwagę wszystkie te elementy konserwator kwalifikuje tego typu przedmioty jako zabytki o najwyższym poziomie destrukcji. Zarówno pojemnik z zachowaną korą, zwaną scypułą (W. Matuszewska-Kola, *Przedmioty z kości i poroża*, ryc. 1, w tym tomie), jak i pojemnik z oszlifowaną powierzchnią, nawet przy minimalnej utracie wilgotności miały tendencję do odspajania się zewnętrznych powierzchni. W pierwszej fazie prac wodę znajdującą się wewnątrz tych przedmiotów wymieniono na aceton, a następnie wprowadzono roztwór żywicy (Paraloid B72 w tolueniu). Niestety, 10% roztwór żywicy sprawia, że powierzchnia się świeci, jed-

nak niższe stężenie nie scala warstw odspajających się od powierzchni. Końcowym zabiegiem było bardzo powolne odparowywanie rozpuszczalnika. Zbyt szybkie jego odparowanie powodowałoby także osypanie się części zewnętrznych.

Kolekcja zabytków metalowych z Jeziora Lednickiego to militaria i sprzęt gospodarstwa domowego. Wymagały one tak samo dużo uwagi, jak obiekty wykonane z surowców organicznych ze względu na zaawansowane procesy korozyjne i znaczne ubytki w ich strukturze. Wydobywając je na powierzchnię narusza się równowagę, która przez wiele lat wytworzyła się pomiędzy przedmiotem metalowym a środowiskiem wodnym. Ich szybkie przesuszenie może doprowadzić do całkowitego rozpadu obiektu. Dlatego równie ważne jest, by na podstawie znajomości zachodzących procesów w obiekcie od momentu jego odkrycia, podjąć prawidłowy sposób postępowania. Ze względu na dużą puszystość nawarstwień rdzy w żelaznych obiektach nie można było doprowadzić do zbyt gwałtownego ich przesuszenia. W terenie obiekty były przechowywane w kuwetach z wodą jeziorną. Już na stanowisku dokonywano wstępnej analizy nawarstwień korozyjnych wykonując w nich rowki sondażowe. W ten sposób odkryto, że pod grubą warstwą produktów korozji, na tulejach niektórych grotów (G. Wilke, *Militaria – broń drzewcowa*, ryc. 11, w tym tomie) i na strzemionach (R. Kaźmierczak, ryc. 1, w tym tomie) znajdują się zdobienia wykonane z metali kolorowych (badacze często nie wiedzą, co znajduje się pod warstwami korozji, dlatego wskazane jest zachowanie dużej ostrożności przy zabezpieczaniu obiektów tego typu). Pomiedzy tą ozdobną warstwą a macierzystym przedmiotem znajdowały się niestety także grube nawarstwienia korozyjne. Wymusiło to jeszcze większą ostrożność przy pracach nad tą kolekcją. Najważniejsze było odkrycie całej płaszczyzny z ornamentem i wykonanie dokładnej dokumentacji rysunkowej i fotograficznej. Na tym etapie postępowania konserwatorskiego zrodził się dylemat, czy należy oczyścić całą powierzchnię grotów, strzemion z nawarstwień korozyjnych? Po tym zabiegu pewne działania będą już nieodwracalne. Straci się informacje o mechanizmach powstawania nawarstwień korozyjnych, a więc pewien zasób wiedzy na temat jego historii zalegania przedmiotu w warstwach jeziornych. Przesądziły jednak inne argumenty: jeśli groty i strzemiona zostaną oczyszczone z tych nawarstwień, to uzyska się zdecydowanie więcej informacji na temat wytwarzania takich obiektów w średniowieczu, pozna się program ikonograficzny znajdujący się na powierzchni i być może poprzez analizę układu ornamentów uzyska informacje o miejscu ich wytwarzania. Poza tym obiekt oczyszczony z nawarstwień korozyjnych i z czytelnym ornamentem zyska zdecydowanie większe walory estetyczne. Konserwacja obiektów z zachowaniem całego garnituru nawarstwień korozyjnych nie rokowała pomyślnych efektów, ponieważ nie było żadnych gwarancji, że warstwa metali kolorowych tworząca ornament zostanie zachowana w takim układzie, jak bezpośrednio po wydobyciu.

Powierzchniowe warstwy zdejmowane były przy pomocy wiertel diamentowych. Pracę tę wykonywały osoby o długim stażu pracy, ponieważ konieczne było doświadczenie w tego typu zabiegach i pewna ręka. Kolejny problem to utrzymanie ozdobnej warstwy na zabytku i ustabilizowanie warstw korozyjnych pod tą powierzchnią. Przez cały czas kontrolowana była wilgotność warstw korozji, ponieważ każde gwałtowne przesuszenie powodowałoby dość duży skurcz, a w konsekwencji mogłoby nastąpić odspojenie warstwy srebra, miedzi czy złota. Po zdjęciu powierzchniowych warstw korozyjnych zanurzano je w acetonie, aby usunąć z nich wodę. Substancja ta doskonale penetrowała porowate struktury obiektu i wypychała znajdujące się tam cząsteczki wody. Następnie przekładano zabytki do toluenu, a na koniec umieszczano je w roztworze Paraloidu B-72 w toluenie. Po nasączeniu żywicą obiekty poddano bardzo powolnemu suszeniu. Powierzchnię kolorowej koszulki z ornamentem polerowano żelami diamentowymi i pastą polerską. Następnie nałożono powłoki zabezpieczające.

Z Jeziora Lednickiego wydobyto liczne zabytki, których zabezpieczenie stwarzało wiele problemów. Największym jednak wyzwaniem dla konserwatorów była praca na odnalezionej żelaznej kolczudze (A. Kola, *Militaria – broń ochronna*, ryc. 1, w tym tomie). Wydobyta została jako bryła zmineralizowanej gytii. Tylko z jednego boku widocznych było kilka metalowych pierścieni¹³. W pierwszej fazie pracy bardzo dokładnie rozpoznano powierzchnię gytii. Po szczegółowej analizie każdego fragmentu odnaleziono odciski skórzanego worka, w którym transportowano tę cenną rzecz. Z węższej strony były bardzo czytelne ślady ściągnięcia górnej partii rzemieniem lub powrozem. Postanowiono odsłonić część metalowych pierścieni. Wymagało to od grupy zajmującej się konserwacją bardzo żmudnych prac przy zdejmowaniu gytii z powierzchni kolczugi. Prace te trwały około roku. W trakcie oczyszczania stało się jasne, że nie ma możliwości rozłożenia kolczugi ze względu na wysoki stopień destrukcji. Po oczyszczeniu powierzchniowym ogniwek, nasączano obiekt roztworem taniny w alkoholu, a następnie nakładano Paraloid B-72 i zabezpieczono warstwą Cosmoloidu¹⁴. W literaturze przedmiotu bardzo rzadko porusza się problem obiektów pozbawionych rdzenia metalowego, ponieważ wcześniejsze realizacje nie uwzględniały zagadnień związanych z impregnacją metali. Oczywiście w przypadku metalowych zabytków archeologicznych trudno w większości mówić o rdzeniu metalowym, raczej właściwszym byłoby określenie produkty korozji metalu i to zarówno żelaza, jak i brązu.

Dużego skupienia i uwagi podczas zabezpieczania wymagały także dwie brązowe szalki składanej wagi (ryc. 2). Bezpośrednio po wydobyciu szalki poddano zabiegom chemicznym i mechanicznym. Korozyjne nawarstwienia

rozluźniano roztworem winianu potasowo-glinianego, a następnie polerowano żelami diamentowymi. Zabiegi powtarzano wymiennie stosując dodatkowo płukanie w wodzie destylowanej. Wewnątrz szalek odkryto bardzo delikatny roślinny ornament.

Wyniki badań metalograficznych, które przeprowadzono w ramach programu Archeo II, na różnych obiektach żelaznych pozwoliły na zrozumienie procesów zachodzących w trakcie zalegania obiektów w wodzie i glebie. W konserwacji metali istnieje określenie rdza warstwowa. Polega to na tym, że zabytek składa się z warstw ułożonych na przemian – warstewka metalu, warstewka rdzy. Stwierdza się fakt występowania tego zjawiska, natomiast trudno znaleźć w literaturze wyjaśnienia przyczyn jego powstawania. Metoda spektroskopii masowej wskazała na występowanie w każdej badanej próbce O², który wiąże się zarówno z żelazem, jak i z wodorem i jest przyczyną tworzenia nawarstwień korozyjnych wewnątrz obiektu. Po oczyszczeniu powierzchni nakłada się różnego rodzaju powłoki zabezpieczające, które mają chronić obiekt przed zmianami wilgotności otoczenia i przed kurzem. Powłoki te tworzą coś w rodzaju szczelnego kokonu, który izoluje strukturę metalu od wpływów otaczającego go środowiska. Nie likwiduje to jednak procesów zachodzących wewnątrz struktury żelaza czy brązu i co jakiś czas wykwyty rdzy pojawiają się ponownie na powierzchni. Z obserwacji wynika, że zabiegi stosowane przez konserwatorów spowalniają te procesy. W tej sytuacji trudno mówić o istnieniu całkowicie skutecznej metody konserwacji zabytków archeologicznych wykonanych z metali.

Równoległe z badaniami konserwatorskimi prowadzono badania metalograficzne metodą spektroskopii masowej¹⁵. Próby do badań pobrano z zabytków pochodzących z Ostrowa Lednickiego, zabytków późnośredniowiecznych i nowożytnych. Próbkę wycinano z rdzenia metalowego po usunięciu i oczyszczeniu z nawarstwień rdzy. W kilku przypadkach pobrano z jednego zabytku po trzy próbki pochodzące z różnych miejsc. Parametry układu rejestrującego jony były tak dobrane, żeby można było obserwować piki świadczące o obecności innych składników niż żelazo i jego związki, które były wielokrotnie większe od pozostałych, co prowadziło do wysycenia RTMS (powyżej pewnej krytycznej wartości, niezależnie od liczby jonów, sygnał z RTMS był podobnej wielkości) i jednym ze sposobów zmierzenia rzeczywistej liczby jonów żelaza był dodatkowy pomiar oscyloskopem cyfrowym. Pomiar przeprowadzono dla liczby strzałów lasera równej 1000. W pierwszej kolejności analizowano wyniki z jednego zabytku, które nie wykazywały różnic w składzie chemicznym. Następnie analizowano próby z wydzielonego okresu, w końcowej fazie prac porównano wyniki z wszystkich przedziałów czasowych. Zbyt małe różnice w składach chemicznych poszczególnych próbek

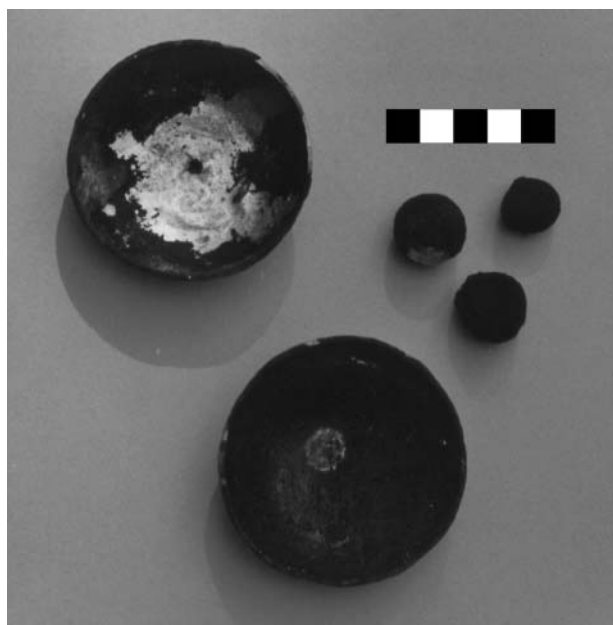
¹³ Wydobyte tej bryły na powierzchnię i zorientowanie się pod wodą, że jest to bardzo cenny zabytek wymagało od pletwonurka wysokich kwalifikacji i bystrości umysłu.

¹⁴ Kolczuga wymaga stałego dozoru konserwatorskiego ze względu na wysoki stopień destrukcji poszczególnych ogniwek.

¹⁵ Badania metalograficzne metodą spektroskopii masowej prowadzono w Instytucie Fizyki UMK w Toruniu.

nie pozwalają na zdecydowane przyporządkowanie danego obiektu do określonego przedziału czasowego. Wynika z tego, że datowanie zabytków metalowych na podstawie składu chemicznego jest niemożliwe.

Na podstawie uzyskanych danych nie można zatem ułożyć prawidłowej skali dla datowania metali, a także ustalić, które z obiektów były produkowane w kuźniach lokalnych, a które poza nimi. Brak różnic w składzie chemicznym próbek sugeruje, że przedmioty żelazne po tysiącletnim okresie korodowania są nierozróżnialne w warstwie rdzeniowej. Poza tym omawiając zagadnienia wytwórczości kowalskiej, nie wiadomo, czy warsztaty kowalskie używały tylko rud żelaza charakterystycznych dla danego ośrodka, czy np. nie przetapiały zdobytych elementów uzbrojenia, uszkodzonych sprzętów gospodarstwa domowego i nie mieszały ich z miejscowymi rudami żelaza. Trudno też mówić o jednolitości cykli produkcyjnych nie uwzględniając warunków zewnętrznych, które miały wpływ na skład chemiczny produktu. Podobne problemy przedstawiono na podstawie duńskich badań analizujących materiały pochodzące z ostatnich stuleci przed naszą erą i z pierwszej połowy naszej ery (Ilkjær, Jouttijärvi 1994). Opisane w tych pozycjach zagadnienia podają w wątpliwość słuszność tezy, że na podstawie drobnych różnic w składzie chemicznym można ustalić miejsce pochodzenia poszczególnych obiektów i określić ich datę produkcji.



Ryc. 2. Szalki wagi i odważniki po wydobyciu (fot. M. Grupa).
Fig. 2. Scales and weights after excavation (photo M. Grupa).

Konserwator zabytków archeologicznych musi współpracować z przedstawicielami różnych dyscyplin nauki. W celu opracowania nowych metod podejmowane są badania między innymi z fizykami, chemikami, biologa-

mi i wieloma pokrewnymi dyscyplinami. Ta współpraca pozwala lepiej zrozumieć różne mechanizmy zachodzące w środowisku, w jakim obiekt zalegał i w samym zabytku. Należy się starać udoskonalać znane i stosowane od lat metody i dzięki różnorodnym studiom badawczym wprowadzać nowe pomysły. Trzeba też projektować nowe urządzenia, czerpiąc często pomysły z innych gałęzi gospodarki, np. z przemysłu spożywczego.

Spółczesność oczekuje, że na wystawach pojawią się zabytki, które opowiedzą o przeszłości. Dlatego na konserwatorze spoczywa ogromna odpowiedzialność, aby wydobyty zabytek mógł „przemówić” i służyć następnym pokoleniom. Jednak, aby tak się stało, muszą być spełnione wszystkie warunki prawidłowego przechowywania i eksponowania dóbr kultury. Niestety, muzea w Polsce nie spełniają jeszcze wszystkich oczekiwań. W salach wystawowych monitoring warunków temperaturowych i wilgotnościowych jest zazwyczaj prawidłowo prowadzony. Jednak gdy zabytki trafiają do magazynów, bywa już inaczej. Gwałtowne zmiany temperatury i wilgotności, przechowywanie w tym samym pomieszczeniu zabytków przed i po konserwacji, nieodpowiednie oświetlenie są na porządku dziennym. W takich warunkach przechowywania wszystkie zasoby dziedzictwa kulturowego są bezbronne i jest tylko kwestią czasu, kiedy uśpione w trakcie konserwacji mechanizmy destrukcyjne ruszą ponownie do ataku.

Literatura

Babiński L.

1998 *Zabezpieczanie mokrego drewna archeologicznego*, [w:] *Pierwsza pomoc dla zabytków archeologicznych*, red. Z. Kobyliński, Warszawa, s. 83–116.

Barkman L.

1967 *On Resurrecting a Wreck*, Sztokholm.

Biek L.

1975 *Some Notes on the Freeze-Drying of Large Timbers*, [w:] *Martime Monographs and Reports*, National Maritime Museum, Greenwich, UK, no. 16, s. 25–29.

Blackshaw S.M.

1975 *Comparison of Different Makes of PEG and Results on Corrosion Testing*, [w:] *Martime Monographs and Reports*, National Maritime Museum, Greenwich, UK, s. 51–58.

Christensen B.

1970 *The Conservation of Waterlogged Wood in the National Museum of Denmark*, Copenhagen.

Ciabach J.

1991 *Właściwości żywic sztucznych stosowanych w konserwacji zabytków*, Toruń.

Clarke R.W., Squirrell J.P.

1981 *A Theoretical and Comparative Study of Conservation Methods for Large Waterlogged Wooden Objects*, ICOM-WWWG Proceedings, Ottawa, s. 19–27.

Cook R., Grattan D.

1984 *A Practical Comparative Study of Treatments for Waterlogged Wood, Part III: Pretreatment Solutions for Freeze-Drying*, ICOM-WWWG Proceedings, Grenoble, s. 219–239.

- Damman W., Salemké G.**
1971 *Die Bremer Kogge, Versuch einer Rekonstruktion*, Das Logbuch 7, 2, s. 21–32.
- Dowman E.**
1970 *Conservation in Field Archaeology*, London.
Drażkowska A., Grupa M.
1996 *Uwagi o konserwacji przedmiotów znalezionych w grobach oficerów polskich w Katyniu i Charkowie. Zbrodnia nie ukarana Katyń–Twer–Charków*, Zeszyty Katyńskie 6, s. 78–90.
1998a *Wydobywanie i zabezpieczanie zabytków skórzanych i włókienniczych*, [w:] *Pierwsza pomoc dla zabytków archeologicznych*, red. Z. Kobyliński, Warszawa, s. 117–126 Warszawa.
1998b *Wydobywanie i zabezpieczanie zabytków o złożonych strukturach surowcowych*, [w:] *Pierwsza pomoc dla zabytków archeologicznych*, red. Z. Kobyliński, Warszawa, s. 127–128.
2009 *A test on carrying out re-conservation of leather artifacts using vacuum drying technique in low temperatures, Próba przeprowadzenia rekonserwacji zabytków skórzanych przy wykorzystaniu techniki suszenia próżniowego w niskich temperaturach*, Sp Ar 61, s. 111–121.
- Dyrka M., Jagielska I.**
1981 *Konserwacja mokrego drewna archeologicznego w Centralnym Muzeum Morskim w Gdańsku, Ochrona Zabytków 3–4*, s. 203–205.
- Farrer T. W., Biek L., Wormwell F.**
1953 *The Role of Tannates and Phosphates in the Preservation of Ancient Buried Iron Objects*, Journal of Applied Chemistry 3, s. 80–84.
- Florian M.-L.E.**
2006 *The mechanisms of deterioration in leather*, [w:] *Conservation of Leather and Related Materials*, ed. M. Kite, R. Thomson, London, s. 36–57.
- Fell V., Ward M.**
1998 *Iron sulphides. Corrosion products on artefacts from waterlogged deposits in Metal 98*, [w:] *Proceedings of the International Conference on Metals Conservation*, ed. W. Mourey, L. Robbiola, James & James, s. 111–115.
- Goffer Z.**
2007 *Archaeological Chemistry*, New Jersey.
- Grattan D.**
1987 *Waterlogged Wood*, [w:] *Conservation of Marine Archaeological Objects*, ed. C. Person, London, s. 55–67.
- Grupa M.**
1996 *Z problematyki związanej z konserwacją zabytków z Charkowa i Katynia. Katyń, Miednoje, Charków. Odślanianie śladów zbrodni*, Muzeum miasta Zgierza. Prace i materiały, s. 75–78.
1998 *Z badań archeologiczno-ekshumacyjnych na cmentarzu oficerów polskich w Charkowie z 1995–1996 r. Impresje konserwatorskie*, Zeszyty Katyńskie 9, s. 75–83.
1999 *Konserwacja zabytków archeologicznych o złożonych strukturach surowcowych*, Drewno Archeologiczne, Badań i Konserwacja, s. 207–214.
2000 *Problematyka konserwatorska zabytków wydobytych z nawarstwień podwodnych mostu wschodniego*, WMOL, s. 211–215.
2001 *Inskrypcje na przedmiotach wydobytych w trakcie ekshumacji szczątków oficerów polskich w Charkowie*, [w:] *Charków–Katyń–Twer, w sześćdziesiątą rocznicę zbrodni*, red. A. Kola, J. Sziling, Toruń, s. 155–167.
- 2009 *Conservation of archaeological wood with poly[etylene] glycols – disadvantages and advantages*, Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Forest Wood Technology 67, s. 123–125.
- Grupa M., Matuszewska-Kola W.**
2000 *Ceramika naczyniowa z badań podwodnych*, WMOL, s. 163–188.
- Grupa M., Plóciennik P., Zawadzka A.**
2008 *Konserwacja mokrego drewna archeologicznego metodą suszenia próżniowego*, Biuletyn Konserwatorów Zabytków, Oddział Warmińsko-Mazurski 6, s. 133–145.
2009 *Conservation of waterlogged archaeological wood with polyethylene glycol 4000 using vacuum drying in low temperature. Konserwacja mokrego drewna archeologicznego poliglikolem etylenowym 4000 z wykorzystaniem suszenia próżniowego w niskiej temperaturze*, Sp Ar 61, s. 159–184.
- Hoffman P.**
1979 *Short Note on the Conservation Program for the Bremen Cog*, Conservation of Waterlogged Wood, s. 41–44.
Ilkjær J., Jouttijärvi A.
1994 *Proveniensbestemmelse af jern fra Illerup ådal*, [w:] *Illerup ådal – et pilotprojekt*, ed. Ilkjær J., Jouttijärvi A., Andresen J., wyd. Jysk Arkæologisk Selskab, s. 6–8.
- Jespersen K.**
1979 *Conservation of Waterlogged Wood by Use of Tertiary Butanol, PEG, and Freeze-Drying*, Conservation of Waterlogged Wood, s. 69–76.
- De Jong J.**
1975 *The conservation of Waterlogged Wood Timber at Katel haven (Holland)*, ICOM Proceedings, 4th Triennial Meeting, Venice, s. 1–9.
- Kato M., Koizumi M., Kuwano J.**
1979 *The Aluminium Ion as a Corrosion Inhibitor for Iron in Water*, Corrosion Science 19, 11, s. 937–947.
- Kawai T., Masuzawa F.**
1974 *Study in Conservation of Waterlogged Wood with Freeze Drying at Reduced Pressure*, Conservation Science Bulletin 3, s. 59–67.
- McCleary J.M.**
1987 *Vacuum freeze-drying, a method used to salvage water-damaged archival and library materials: a ramp study with guidelines*, General Information Programme and UN-ISIST, PGI-87/WS/7, Paris.
- MacLeod, Donald I., North N.A.**
1980 *350 Years of Marine Corrosion in Western Australia*, Corrosion Australasia 5, 3, s. 11–15.
- Peacock E.E.**
1987 *Svalbard – et tekstilkonserveringsprojekt*, Svalbard Seminar 1986, Svalbardprojekt, Universitet Trondheim 1987, s. 76–84.
- Rosa H., Gussman L.**
1991 *Konservierungsversuche an Archäologischen Leder*, AfR 1, s. 85–89.
- Seborg R.M., Inverarity R.B.**
1962 *Conservation of 200 Year Old Waterlogged Boats with PEG*, Studies in Conservation 7, s. 111–120.
- Segal M., MacDonald M.**
1984 *Current Research into the Conservation of frozen Skins from Arctic*, ICOM Committee for Conservation 7th triennial Meeting, Copenhagen, s. 83–84.
- Tomashevich G. N.**
1969 *The Conservation of Waterlogged Wood*, Problems of Conservation in Museums, London, s. 165–186.

Weker W.

1998 *Żelazo archeologiczne – procesy korozji i podstawowe metody doraźnej konserwacji*, [w:] *Pierwsza pomoc dla zabytków archeologicznych*, red. Z. Kobyliński, Warszawa, s. 47–61.

Problems of preservation of historical heritage objects, recovered from western bridge underwater layers

Summary

Preservation of archaeological cultural heritage objects has more, than a hundred years' history. However, we still do not comprehend definitively all the processes occurring in various environments. Historical objects found in fresh water react

a little differently, than those found in sea water. This refers to both – the objects made of organic raw material and these ones made of metal. Information contained in this article brings closer understanding of the issues connected with changes taking place in particular objects' (leather, wood, antlers, iron, bronze) structures. Problems related to conservation techniques are also discussed. Financed by the Foundation for Polish Science, the Project Aracheo II initiated conducting scientific research upon historical objects' categories mentioned above. Introduction of new technologies to conservation process of archaeological historical treasures in Poland and broad research grounds with participation of various disciplines representatives – biology, physics or chemistry, is among the others, the result of these researches. Their brief characteristic and possibilities of their application in direct conservator's work is presented in hereby article. Historical heritage objects recovered from 'western bridge' relics, accessible to the public in exhibitions in Lednickie Museum, are the evidence of many years' conservation activities.