

Piotr Boruszewski

technolog drewna

Katedra Nauki o Drewnie i Ochrony Drewna  
SGGW w Warszawie

## FUMIGACJA DREWNA GAZAMI NIEREAKTYWNYMI JAKO ALTERNATYWA DLA TRADYCYJNYCH METOD DEZYNSEKCJI

**P**roblem wytopienia szkodników w drewnianych dobrach kultury dotyka wielu muzealników w naszym kraju. W celu uniknięcia szkód wyrządzanych przez owady bardzo ważne jest rozpoznanie skali problemu oraz podjęcie odpowiednich środków ochrony. Aby ratować obiekty przed szkodnikami, należy stosować takie metody zwalczania, żeby na skutek uszkodzeń nie utracić ich wartości i oryginalności. Przy doborze metod niezbędne jest zwracanie uwagi na to, aby wszystkie stadia rozwojowe owadów zostały uśmiercane w niezawodny sposób.

W ostatnich latach w muzeach na świecie zaczęto stosować metodę tzw. gazowania obojętnego, uznawaną za niezawodną i bardzo skuteczną. Dezynsekcja poprzez fumigację gazami niereaktywnymi cieszy się szczególnym powodzeniem w rejonach południowych Niemiec i zachodniej Austrii, gdzie za jej pomocą zwalczą się owady na dużą skalę, nawet w całych budynkach. O sukcesie zabiegu decyduje wytworzenie atmosfery o niskiej zawartości tlenu (na poziomie nieprzekraczającym 1%) przy dużym udziale gazu niereaktywnego (powyżej 99%).

Metoda ta jest popularna także w Stanach Zjednoczonych i Japonii. W Polsce, wg danych uzyskanych przez autora, żadne muzeum dotychczas nie stosowało gazów niereaktywnych jako fumigantów. W Zakładzie Ochrony Drewna Wydziału Technologii Drewna SGGW w Warszawie w ramach pracy doktorskiej prowadzone są przez autora badania gazowania azotem i argonem na larwach najczęściej występujących ksylofagicznych owadów: spuszczelu pospolitym (*Hylotrupes bajulus* L.) i kołatku domowym (*Anobium punctatum* De Geer)<sup>1</sup>.

Obok przedstawiono schemat aparatury do wykonywania omawianych badań.

W niniejszej pracy podjęto próbę przybliżenia tematu polskim konserwatorom na podstawie dotychczasowych doniesień i publikacji. Przedstawiono zasadę zabiegu fumigacji z użyciem gazów niereaktywnych, czynniki wpływające na jego skuteczność oraz przeszkody pojawiające się podczas tego procesu. Przegląd dezynsekcji z użyciem niereaktywnych fumigantów na świecie z pewnością dostarczy cennych informacji polskim konserwatorom, którzy zechcą wypróbować tę metodę.



1. Aparatura do fumigacji gazami niereaktywnymi: a) kolba z larwami; b) system przewodów; c) źródło gazu (butla).

1. Apparatus for fumigation with unreactive gases: a) container with larvae; b) system of tubes; c) source of gas (bottle).

### Gazy używane w procesie fumigacji dóbr kultury

Gazowanie w dziedzinie ochrony drewna stosuje się przede wszystkim do zwalczania owadów niszczących powietrznosuchy materiał, zwłaszcza kołatka domowego (*Anobium punctatum* De Geer), spuszczela pospolitego (*Hylotrupes bajulus* L.) i w mniejszym

stopniu innych gatunków kołatkowatych. W procesie fumigacji powszechnie wykorzystywane są gazy toksyczne (reaktywne). Są to głównie: fosforowodór ( $\text{PH}_3$ ), fluorek sulfurylu ( $\text{SO}_2\text{F}_2$ ), bromek metylu ( $\text{CH}_3\text{Br}$ ) i tlenek etylenu ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ ). Substancje te zaliczane są do bardzo silnie trujących w odniesieniu do ludzi i zwierząt kręgowych. Ryzyko zatrucia powoduje, że fumigacja bardzo toksycznymi gazami reaktywnymi przeprowadzana jest wyłącznie przez wykwalifikowany personel z odpowiednimi uprawnieniami<sup>2</sup>. Obecnie coraz częściej zwraca się uwagę na gazy z grupy obojętnych pod względem toksyczności, tzw. niereaktywne, zwane też duszającymi<sup>3</sup>.

Należą do nich głównie azot oraz argon<sup>4</sup>. Wiele źródeł podaje, że dwutlenek węgla także należy do gazów obojętnych. Przez wiele lat był używany m.in. do dezynsekcji obiektów ruchomych. Owady duszono przez usunięcie tlenu (wytworzenie atmosfery beztlenowej) i wyrównanie ciśnienia poprzez wpuszczenie dwutlenku węgla. Ruchome, pojedyncze przedmioty były dezynfekowane w komorach lub odpowiednich „balonach”. Testy z tym gazem wykazały także, że wnętrza kościołów oraz całe budynki mogą być gazowane przy użyciu specjalnych technik uszczelniania<sup>5</sup>. Używanie dwutlenku węgla budzi jednak pewne wątpliwości. Niektóre źródła podają, że stosowanie go w warunkach dużej wilgotności może powodować powstanie kwasu węglowego, który stwarza niebezpieczeństwo uszkodzenia pigmentów powłok malarskich<sup>6</sup>. Może on zatem nie spełniać kryterium gazu niereaktywnego.

Wymienione gazy występują w powietrzu atmosferycznym jako składniki stałe, z wyjątkiem dwutlenku węgla. Poniżej wyszczególniono składniki powietrza atmosferycznego oraz ich zawartość w procentach objętościowych<sup>7</sup>.

- Składniki stałe:
  - azot ( $\text{N}_2$ ): 78,08%
  - tlen ( $\text{O}_2$ ): 20,95%
  - argon (Ar): 0,93%
  - neon (Ne) :  $18,18 \cdot 10^{-4}\%$
  - hel (He):  $5,24 \cdot 10^{-4}\%$
  - krypton (Kr):  $1,14 \cdot 10^{-4}\%$
  - ksenon (Xe):  $0,09 \cdot 10^{-4}\%$
  - wodór ( $\text{H}_2$ ):  $0,5 \cdot 10^{-4}\%$
  - metan ( $\text{CH}_4$ ):  $1,5 \cdot 10^{-4}\%$

- Składniki zmienne:
  - dwutlenek węgla ( $\text{CO}_2$ ): 0,02-0,04%
  - ozon ( $\text{O}_3$ ):  $0-7 \cdot 10^{-6}\%$  (przy pow. Ziemi)

Powietrze atmosferyczne w ponad 99% składa się z azotu i tlenu, niespełna 1% przypada na argon i pozostałe gazy. Ponieważ udział azotu jest największy (78,08%), użycie go w procesie fumigacji wydaje się najbardziej słuszne. W wyniku zastąpienia tlenu w gazowanym obiekcie azotem lub argonem można oczekiwać uduszenia owadów, które są organizmami tlenowymi<sup>8</sup>.

## Zalety i wady fumigantów

Fumiganty wykorzystywane w metodzie gazowania wykazują wiele zalet. W sposób szybki i skuteczny uśmiercają poszczególne stadia rozwojowe owadów, mają dużą zdolność wnikania nawet w drewno gatunków trudno przepuszczalnych dla impregnatów (np. świerk, jodła), które dodatkowo mogą być pokryte różnego rodzaju powłokami. Proces wykluczenia powstawania skurczu lub pęcznienia drewna, w odróżnieniu od impregnatów rozpuszczalnych w wodzie (np. środków solnych). Nie powoduje też zwiększenia palności drewna po zakończeniu zabiegu, jak przy używaniu impregnatów olejowych oraz nie jest pracochłonny. Toksyczne fumiganty mają jednorazowy negatywny wpływ na środowisko (w momencie usuwania gazu z obiektu lub komory), jednak nie są zdolne do kumulowania się w nim. Przy prawidłowym doborze środka w obiekcie nie zachodzą zmiany chemiczne.

Główną wadą zabiegu gazowania jest przede wszystkim niemożność profilaktycznego zabezpieczenia obiektu. Z biegiem czasu drewno może być powtórnie uszkodzane przez ksylofagi i w takiej sytuacji proces należy powtarzać. Większość gazów z grupy reaktywnych ma właściwości łatwopalne (np. fosforowodór, tlenek etylenu), są przy tym niebezpieczne dla ludzi i zwierząt. Nieodpowiednio dobrany gaz może reagować z pewnymi substancjami współwystępującymi z drewnem w gazowanych obiektach, szczególnie w zabytkach i meblach. Dotyczy to głównie powłok (werniksów, złoceń, pigmentów), skóry, metali (najczęściej miedzi) oraz ich stopów, kości słoniowej i szylkretu. Dezynsekcja gazami toksycznymi wymaga specjalnych środków ostrożności. Przeprowadzać ją mogą jedynie profesjonalne ekipy z uprawnionych przedsiębiorstw<sup>9</sup>.

## Czynniki wpływające na skuteczność procesu fumigacji

Fumiganty dostają się do organizmu owadów przede wszystkim drogami oddechowymi. U larw, poczwerek i postaci doskonałych gaz przenika przez przetchlinki rozmieszczone po bokach ciała owada, a otwieranie i zamykanie się przetchlinek zależy od skurczów mięśni. Do wnętrza jaj owadów gaz przedostaje się przez chorion, czyli osłonkę jajową, albo przez specjalne kanały oddechowe.

Powodzenie zabiegu fumigacji uzależnione jest od intensywności oddychania owadów a także, co za tym idzie, od pochłaniania szkodliwego gazu, w którego atmosferze przebywają. Czynniki przyspieszające oddychanie zwiększają efektywność zabiegu gazowania.

Temperatura jest najistotniejszym parametrem decydującym o skuteczności omawianej metody. Gazowanie z reguły przeprowadzane jest w przedziale temperatur od 10°C do 35°C. Wiadomo, że

stężenie gazu potrzebne do zabicia określonych stadiów rozwojowych poszczególnych gatunków owadów zmniejsza się wraz z temperaturą. Jest to spowodowane przyspieszeniem procesu ich oddychania przy wzroście omawianego czynnika. W niskich temperaturach, poniżej 10°C, owady obniżają aktywność życiową, zmniejszają wymianę gazową i tym samym proces gazowania staje się nieefektywny. Przy obniżeniu temperatury spowolnieniu ulega również dyfuzja fumigantu<sup>10</sup>.

Obecnie nie jest możliwe ustalenie ogólnych zasad dotyczących wpływu wilgotności na działanie wszystkich fumigantów. Wiadomo natomiast, że wilgotność w procesie fumigacji nie odgrywa tak istotnej roli jak temperatura.

Proces gazowania staje się bardziej skuteczny wraz ze wzrostem stężenia fumigantu w powietrzu i długością czasu jego działania. Regułą jest, że w takich samych warunkach technologicznych gaz ma jednakową wartość czynną, zależną od jego stężenia i czasu działania, wynikającą ze wzoru:

toksyczna czynność gazu = stężenie [g gazu/m<sup>3</sup> powietrza] x czas działania [h] = constans<sup>11</sup>

Stosując jednak bardzo małe stężenia gazu w długim okresie (i odwrotnie – wysokie stężenia w krótkim czasie), nie uzyskuje się oczekiwanych rezultatów. Przy krótkich czasach działania środka dużej efektywności jest niska ze względu na możliwość spowalniania oddechu lub wręcz wstrzymywania go przez niektóre stadia rozwojowe owadów. Ponadto w początkowym okresie emisji gaz nie rozprzestrzenia się równomiernie i nie wnika dokładnie w drewno zaatakowane przez owady. Zbyt szybkie przerwanie zabiegu uniemożliwia kontakt fumigantu z owadami. Gazy działają skutecznie powyżej określonych stężeń. Zatem zbyt niskie stężenia w ogóle nie uśmiercają szkodników<sup>12</sup>.

## Fumigacja gazami niereaktywnymi

Sukces gazowania azotem uzależniony jest od możliwie niskiej zawartości tlenu i czasu utrzymania tego stanu. Dla możliwie szybkiego i efektywnego gazowania konieczne jest też utrzymywanie nieco wyższej temperatury i niskiej wilgotności. Aby zachować takie warunki należy zainstalować urządzenia regulujące te parametry<sup>13</sup>.

W metodzie można wyróżnić cztery zasadnicze fazy:

1. Faza przygotowawcza – objekty muszą zostać szczelnie pokryte powłokami foliowymi (namioty foliowe mogą przyjmować różne formy i kształty), a w przypadku mniejszych przedmiotów umieszczone w komorach gazowych.
2. Faza płukania gazem – folie i komory napełnia się fumigantem. Pozostający w nich tlen jest wypłukiwany przez czysty gaz do momentu osiągnięcia zawartości tlenu na poziomie maksimum 1%. Czas trwania tej fazy zależy od wielkości

foliowych namiotów oraz od czystości podawanego gazu.

3. Faza zasadnicza – przez określony czas szkodniki poddawane są działaniu atmosfery beztlenowej. Bardzo ważne jest przy tym ciągle kontrolowanie zawartości tlenu. Uzyskuje się to przez stałe dozowanie fumigantu. Ilość gazu zużywana w całym procesie zależy od kubatury komór oraz foliowych namiotów.
4. Faza wietrzenia (wentylacji) – polega na wyssaniu gazu z foliowych namiotów lub też bezpośrednim ich otwarciu<sup>14</sup>.

## Dezynsekcja zabytków niereaktywnymi fumigantami

Jednym ze sposobów, który daje dobre efekty w zwalczaniu szkodników muzealnych, jest przechowywanie eksponatów w warunkach beztlenowych. Czas fumigacji drewna przy użyciu metody beztlenowej jest znacznie dłuższy niż w przypadku konwencjonalnych metod. Jej praktyczne zastosowanie wymaga, jak się wydaje, skrócenia czasu gazowania.

Naukowcy z Japonii wykorzystali mały dodatek trucizny oddechowej, para-dichlorobenzenu, do fumigacji w atmosferze o niskiej zawartości tlenu w celu przyspieszenia efektywności działania<sup>15</sup>. Paradichlorobenzen należy do substancji sublimujących (podobnie jak naftalina), powszechnie wykorzystywany jest m.in. jako środek przeciwmolowy oraz jako środek ochronny muzealnych zbiorów zoologicznych. Działa jako substancja oddechowa, jest jednak aplikowany w sposób nieokreślany mianem gazowania. Występuje pod postacią granulatu lub pastylek, które rozsypuje się bezpośrednio w miejscu zagrożonym działaniem szkodników. Jest dostępny w handlu detalicznym i może być stosowany przez indywidualnych odbiorców bez prawnych ograniczeń<sup>16</sup>.

Konserwatorzy z Meropolitan Museum of Art do tępienia owadów w zbiorach sztuki używają fumigacji argonem. Ostatnio ukazało się wiele publikacji na ten temat, które mówią o zdecydowanie szybszym działaniu uśmiercającym owady niż w przypadku azotu. Efekt fumigacji uzyskuje się nawet o 25-50 proc. szybciej. Ponad 1000 dzieł sztuki, włącznie z podobraziami oraz ramami drewnianymi było dezynfekowane argonem, bez negatywnego wpływu na te objekty<sup>17</sup>.

Automatyczna komora fumigacyjna z dołączonym generatorem azotu, mająca na celu wytępienie owadów w obiektach poprzez usunięcie tlenu, została zainstalowana w Tokyo National Research Institute of Cultural Properties. Jest to eksperymentalny system i pierwszy tego typu w Japonii. Szczelna stalowa komora o objętości 3,3 m<sup>3</sup>, szerokości 1,1 m, głębokości 2 m i wysokości 1,5 m, wyposażona jest w przyrządy mierzące temperaturę, wilgotność względną i zawartość tlenu. Dlatego też jest zdolna do zachowania dowolnej kombinacji warunków



środowiskowych, włączając zawartość tlenu na poziomie od 0,05 do 0,5%; temperaturę od 20 do 40°C i wilgotność względną od 30 do 80% oraz czasy oddziaływania od kilku godzin do kilku tygodni. Komora może być też używana z argonem, dwutlenkiem węgla lub z dowolną kombinacją tych gazów poprzez dołączenie odpowiednich generatorów. Bezpieczeństwo obiektów poddawanych dezynsekcji zapewnia alarm dźwiękowy oraz automatyczne wyłączenie się komory, gdy wewnątrz niej pojawią się inne od zaprogramowanych parametry temperatury lub wilgotności. Pokój operatora wyposażony jest w wentylator włączający się automatycznie w momencie, gdy zawartość tlenu spada poniżej 19,5%. Docelowa zawartość tlenu została osiągnięta w ciągu 8 godzin<sup>18</sup>.

Uznano, że atmosfera zawierająca mniej niż 0,1% tlenu w określonym czasie powoduje 100 proc. śmiertelność najczęściej występujących szkodników w obiektach muzealnych.

Amerykanie opracowali specjalny, dynamiczny system, w którym przepływ azotu może być użyty do zachowania niskiej koncentracji tlenu wewnątrz szczelnej torby, w której dezynfekowane są dość duże obiekty muzealne. Torba wykonana jest ze specjalnych płacht folii (tzw. ACLAR – polichlorofluoroetylen), zgrzanych ze sobą przy użyciu ręcznej zgrzewarki. Azot jest nawilżany do wilgotności optymalnej dla obiektu, przed wpuszczeniem go do torby z obiektem. Temperatura, wilgotność względna i zawartość tlenu są cały czas monitorowane. System ma zdolność utrzymywania wymaganej koncentracji tlenu podczas zabiegu. Wytworzone warunki powodują 100 proc. śmiertelność szkodników drewna<sup>19</sup>.

Działanie na występujące w muzealnych obiektach owady atmosferą o niskiej zawartości tlenu dowiodło w ostatniej dekadzie wysokiej skuteczności tej metody. Naukowcy ze Słowenii ocenili skuteczność systemu wytwarzającego azot, potocznie nazywanego VELOXY. Dezynfekowano meble zaatakowane przez kołatka domowego (*Anobium punctatum* De Geer) oraz miazgowca brunatnego (*Lyctus brunneus* L.). Tak samo potraktowano tkaniny zaatakowane przez mola włosienniczka (*Tineola bisselliella* L.). Eksperyment zakończył się sukcesem<sup>20</sup>.

Naukowcy z Kolorado (USA) badali wykorzystanie niskotlenowej atmosfery przy użyciu azotu. Dwie metody opracowano dla obiektu zamkniętego w odizolowanym termicznie, nieprzepuszczalnym plastikowym worku, w którym zawartość tlenu zredukowano poniżej 0,1%. Ponieważ utrzymanie tego poziomu nie jest łatwe, badano śmiertelność owadów przy koncentracji tlenu na poziomie 0,3; 0,6 i 1%. W rezultacie uznano, że z powodu trudności z utrzymaniem bardzo niskiego poziomu tlenu (poniżej 0,1%) stosowanie redukcji tlenu do poziomu 1% jest wystarczające dla uzyskania pełnej skuteczności<sup>21</sup>.

Z doświadczeń wynika, że poprzez stosowanie azotu i dwutlenku węgla można uśmiercać różne stadia rozwojowe ksylofagicznych owadów. Uznaje się, że azot jest bezpieczniejszy, ponieważ – jak już wspomniano – podczas fumigacji dwutlenkiem węgla w warunkach podwyższonej wilgotności może powstawać ciekły kwas węglowy, który jest w stanie uszkadzać powłoki malarskie na dobrach kultury. Na zlecenie Badawczego Ośrodka Związkowego Gospodarki Rolnej i Leśnej w Berlinie oraz Berlińskich Pracowni Konserwacji Zabytków zabieg fumigacji azotem przeprowadzono na polichromowanym ołtarzu koronacji NMP, niemalowanej piecie oraz wzorowym przykładzie malarstwa ołtarzowego o wymiarach 2,1 x 2,6 m. Przedmioty umieszczone zostały w foliowych workach. Do kontroli skuteczności posłużyły wszystkie stadia rozwojowe kołatka domowego (*Anobium punctatum* De Geer) i spuszczela pospolitego (*Hylotrupes bajulus* L.).

Larwy obsadzono w próbkach z bielu sosny o wymiarach 5 x 2,5 x 1,5 cm, następnie umieszczono je w sosnowej belce próbnej powstałej z dwóch połówek, o wymiarach 25 x 10 x 7 cm. Po dopasowaniu małych klocków do belki próbnej wklejono je używając kleju. Całość uszczelniono folią polietylenową, uprzednio wstawiając w szalkach roztwór glukozy dla utrzymania zakładanej wilgotności 55-62%. Roztwór zawierał fungicyd, aby wyeliminować rozwój pleśni. We wnętrzu worka z polietylenu monitorowano ciśnienie oraz zawartość tlenu. Do wtłoczenia azotu używano specjalnego urządzenia, które automatycznie utrzymywało nadciśnienie 5 Pa, aby wykluczyć zjawisko dyfuzji tlenu przez nieszczelności folii. Wewnątrz worka osiągnięto poziom tlenu 1,5%. Na podstawie kontroli wyników stwierdzono, że najpóźniej po 4 tygodniach, w temperaturze pokojowej, uzyskano 100 proc. śmiertelność owadów. Autorzy dodają, że metoda jest polecana dla ruchomych dóbr kultury<sup>22</sup>. Schemat aparatu do gazowania azotem przedstawiony został na łamach „Ochrony Zabytków”<sup>23</sup>.

Fumigacja azotem jest coraz częściej stosowana w muzeach. Badania śmiertelności owadów wykazały, że parametry procesu muszą być dokładnie kontrolowane, aby zapewnić efektywność w określonym czasie. Namioty fumigacyjne wielokrotnego użytku mogą być bez trudności wytwarzane w dowolnej wielkości. System składa się na ogół ze źródła azotu dużej pojemności, namiotu beztlenowego, czujników sprawdzających warunki otoczenia i pompy próżniowej. Jako źródło gazu mogą służyć butle z azotem, płynny azot lub też generator azotu. Wybór źródła zależy od potrzebnej ilości gazu i częstotliwości jego puszczania.

Przetestowano gotowy namiot działający z konwencjonalnymi fumigantami i okazało się, że jest on odpowiedni do użycia z azotem. Niezależnie od rodzaju gazu musi być on nawilżany, aby zapobiec zmianom zawartości wilgoci i wilgotności obiektu.

Azot jest gazem obojętnym, niekorozyjnym i nietoksycznym, lecz może powodować śmierć przez uduszenie, jeśli duża jego ilość dostaje się do słabo wentylowanych pomieszczeń zajmowanych przez ludzi. Dlatego dobra wentylacja pokoju operatora i umieszczenie czujnika tlenu z alarmem dźwiękowym jest zalecana jako dodatkowy środek bezpieczeństwa<sup>24</sup>.

Metody dezynsekcji zbiorów kultury w ostatnim czasie uległy dużym zmianom. Odchodzi się od stosowania chemicznych substancji, niebezpiecznych gazów i toksycznych impregnatów, zastępując je nowymi sposobami takimi, jak: dezynsekcja w beztlenowej

atmosferze (próżni) lub atmosferze gazu niereaktywnego. Metody nietoksyczne nie wpływają negatywnie na materię organiczną, barwniki, włókna itp. Sam pomysł wydaje się prosty, jednak w praktyce wymaga dużego wysiłku. Ta nowa technika kryje jeszcze wiele niejasności, które muszą zostać wyjaśnione, aby móc stosować ją prawidłowo<sup>25</sup>.

**Mgr inż. Piotr Boruszewski jest doktorantem w Zakładzie Ochrony Drewna Wydziału Technologii Drewna SGGW w Warszawie. Obecnie kończy na poziomie magisterskim specjalizację w dziedzinie konserwacji drewna zabytkowego.**

## Przypisy

1. Tytuł roboczy pracy doktorskiej: *Dezynsekcja drewna poprzez gazowanie azotem*; przewidywany czas zakończenia: wrzesień 2007 r. Praca doktorska wykonywana jest w Zakładzie Ochrony Drewna SGGW w Warszawie, pod kierunkiem dr. hab. Adama Krajewskiego.
2. A. Krajewski, P. Witowski, *Gazowe środki ochrony drewna*, (w:) *Ochrona drewna*, Warszawa 2003, s. 233-241.
3. V. Daniel, *Insect eradication of paintings using Ageless TM oxygen scavenger*, Materials Conservation Division, American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, Paintings Specialty Group, 1994, s. 24-29;
4. A. Krajewski, P. Witowski, jw.
5. G. Binker, D. Rebhan, *Mit Gasen dem Holzwurm den Garaus machen*, Anwendung aktuell, 2001.
6. A. Unger, W. Unger, *Die Bekämpfung tierischer und pilzlicher Holzschädlinge*, Hozschutz, Holzfestigung, Holzergänzung. Beiträge einer Fortbildungsveranstaltung des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege am 4 Mai 1992 in München. Tagungsberichte Nr 1, 1992, Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege – Restaurierungswerkstätten Holgraben 4-80539 München.
7. *Encyklopedia PWN*, Warszawa 2004.
8. A. Krajewski, *Rozwój technologii dezynsekcji dóbr kultury przy użyciu fumigacji*, „Ochrona Zabytków”, 2002, nr 3/4, s. 369-370.
9. A. Krajewski, jw.
10. E.J. Bond, *Zwalczanie owadów metodą gazowania*, Poznań 1989.
11. H. Kemper, *Die Haus- und Gesundheitsschädlinge und ihre Bekämpfung*, Berlin 1943.
12. H. Kemper, jw.
13. G. Binker, D. Rebhan, jw.
14. G. Binker, J. Biner, G. Fröba, *Innovative Stickstoffbegasungen in den von der Landesstelle für die nichtstaatlichen Museen betreuten Einrichtungen in Bayern*. Das museumsdepot, 2001
15. R. Kigawa, K. Yamano, *Accelerated mortality of Sitophilus zeamais and Japanese common museum pests by application of*

*p-dichlorobenzene to the low oxygen atmosphere fumigation*, „Bunkazai Hozon Shufuku Gakkai shi: kobunkazai no kagaku”, 1996, nr 40, s. 24-34.

16. A. Krajewski, *Rozwój technologii dezynsekcji...*, jw.

17. R. J. Koestler, *Anoxic treatment for insect control in panel paintings and frames with argon gas*, American Institute for Conservation for Historic and Artistic Works, Paintings Specialty Group, 1995, s. 61-72.

18. R. Kigawa, K. Yamano, S. Miura, S. Maekawa, *An automated anoxic treatment chamber for cultural objects. A novel system with nitrogen generator*, „Hozon kagaku”, 1999, nr 38, s. 1-8.

19. G. Hanlon, V. Daniel, N. Ravenel, S. Maekawa, *Dynamic system for nitrogenanoxia of large museum objects: a pests eradication case study*, (w:) *Papers presented at the Wooden Artifacts Group: specialty session, June 4, 1993, AIC annual meeting, Denver, Colorado*. American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works. Wooden Artifacts Group.

20. N. Valentin, J. E. Bergh, R. Ortega, M. Akerlund, A. Hallstrom, K. Jonsson, *Evaluation of portable equipment for large-scale deinfestation in museum collections using a low oxygen environment*, (w:) *13th triennial meeting Rio de Janeiro, 22-27 September 2002*, James and James (Science Publishers) Ltd., Vontobel, Roy, 2002, s. 96-101.

21. B. Considine, V. Daniel, G. Hanlon, S. Maekawa, *Progress in project on the feasibility of using modified atmospheres for museum pests eradication*, (w:) *Papers presented at the Wooden Artifacts Group: specialty session, June 4, 1993, AIC annual meeting, Denver, Colorado*.

22. A. Unger, W. Unger, jw.

23. A. Krajewski, *Rozwój technologii dezynsekcji...*, jw.

24. K. Elert, *Project zur Schädlingsbekämpfung am GCI: Sticks-toffund wiederverwendbare Begasungszelte*, „Zeitschrift für Kunsttechniken, Restaurierung und Museumsfragen”, 1997, nr 4, s. 260-266.

25. A. Gerard, *Centre regional de restauration et de conservation des oeuvres d'art, Vesoul, France*, „Conservation et restauration du patrimoine culturel”, 2000, nr 8, s. 26-36.

## FUMIGATION WOOD WITH UNREACTIONARY GASES AS AN ALTERNATIVE FOR TRADITIONAL METHODS OF PESTS ERADICATION

Insect infestation is one of the principal factors of the destruction of cultural heritage. Means for fighting it evolve and after toxic chemical agents, dangerous gases and other.

Anoxia (vacuum treatment) permits us today to disinfect works in organic materials without side

effects on the binding media, pigments, fibers, etc. The idea is simple, but the practical application is exacting. This new technique has, itself, its own limits and they must be known if it is to be used correctly.

Tłum. autor