

Tipuri de interacțiuni între solvenții protici și materialul lemnos

Oana Șerban, Siminică Băluș

Preocupările privind natura solvenților, a fenomenelor de higroscopicitate și de dizolvare se pierd în negura timpului. Astfel de probleme îi frământau pe filozofii și pe alchimistii greci. Alchimistii greci numeau toate lichidele active apa zeilor, iar denumirea de apă era comună pentru toate lichidele și substanțele dizolvate.

În epoca alchimiei, studiul solvenților și al fenomenelor de higroscopicitate și de dizolvare, capătă o importanță deosebită. În această perioadă se insistă în căutarea așa numitului alkahest sau mestruuum universale, adică a unui solvent universal, care ar putea dizolva toate corpurile. Acest solvent universal nu a fost găsit, dar numeroasele încercări au avut ca rezultat descoperirea de noi solvenți cu comportări specifice. În afară de acest aspect, încercările „empirice” efectuate au condus la constatarea că anumite substanțe se solvă ușor numai în substanțe cu care se aseamănă.

În timpul alchimiei, sub numele de dizolvare sau de soluție se înțelegeau toate operațiile care conduceau la obținerea unui produs lichid, iar între fenomenele fizice și chimice ale dizolvării nu se făcea distincție.

Studiul solvenților capătă un caracter științific odată cu apariția teoriei osmotice a lui Van't-Hoff și a teoriei disociației electrolitice a lui Arrhenius. Din experiența chimică curentă se știe că una și aceeași substanță poate manifesta o reactivitate diferită, în funcție de natura solventului utilizat.

Influența solventului asupra bunurilor culturale este în legătură cu diversele tipuri de interacțiuni care se stabilesc între moleculele solventului și cele ale substanțelor din compoziția chimică a bunurilor.

Natura solventului utilizat în procesele de restaurare și conservare poate influența poziția echilibrului între reactanți, viteza de desfășurare, mecanismul și stereochimia, aciditatea sau bazicitatea, asocierea de ioni cu sarcini contrare în perechi de ioni.

Pentru practica chimică a proceselor de conservare-restaurare, importanța cunoașterii influenței solvenților asupra bunurilor culturale este imensă. Într-adevăr, solvenții se folosesc pe scară largă în laborator ca medii de curățări chimice și de reacții, ca agenți de extracție, în

prepararea vopselelor și a lacurilor sau în protejarea unor materiale. Indiferent în ce scop (operație) este folosit solventul în operațiile de conservare-restaurare, el nu se comportă ca un mediu indiferent, deoarece în funcție de natura lui (solventului), amfiprotici: acizi (hidracizii și oxiacizii), bazici (amoniac, amine și amide), neutri (apa și alcoolii) sau aprotici: acizi (substanțele organice cu gruparea nitro), bazici (piridina și substanțele cu gruparea tio), neutri (benzen, toluen, cloroform, tetraclorură de carbon), apar interacții (forțe) intermoleculare nespecifice și specifice între solvent și solut. Deci, fenomenul de dizolvare implică stabilirea unor forțe de atracție între moleculele solventului și cele ale solutului. De aici rezultă însă că o substanță „A” se poate dizolva într-un solvent „B” numai dacă forțele de atracție între moleculele de specie „A” sau „B” sunt de același ordin de mărime sau mai mici decât forțele de atracție care se stabilesc între moleculele solutului „A” și solventului „B”. În caz contrar miscibilitatea scade considerabil. Forțele intermoleculare implicate în procesele de dizolvare sunt de două tipuri:

1. Forțe intermoleculare nespecifice, care sunt de natură pur fizică, deoarece asigură numai coeziunea materiei, fără a determina și formarea de compuși chimici cu raport de stoechiometrie între componente, cunoscute sub numele de forțe Van der Waals și care grupează forțele de orientare, de inducție și de dispersie. Aceste forțe sunt nespecifice, adică universale și nu prezintă saturare. Energia de legătură dintre moleculele solventului și solutului variază invers proporțional cu puterea a șasea a distanței dintre moleculele ce se influențează.

Energia forțelor Van der Waals este în general de 1-2 kcal/mol fiind cu puțin mai mare decât energia cinetică a mișcării cinetice a moleculelor la temperatura de 20⁰C. Energia de legare prin forțe Van der Waals dintre două molecule aflate la o distanță egală cu razele Van der Waals este cu atât mai mare cu cât dimensiunile moleculelor respective sunt mai mici.

2. Forțe intermoleculare specifice, ce generează complecși moleculari instabili, în care componentele intră într-un raport stoechiometric. Aceste forțe sunt dirijate și saturate.

Din categoria acestor complecși fac parte asociații moleculare prin legături de hidrogen, pe bază de dipoli sau multipoli moleculari sau cu transfer de sarcină.

La temperatura de 20⁰C forțele Van der Waals pot deveni importante numai în cazul în care se realizează o atracție între mai mulți atomi ai unei molecule de solut cu un număr corespunzător de atomi dintr-o altă moleculă de solvent. În aceste condiții forța totală de atracție depășește substanțial tendința de disociere cauzată de mișcarea termică.

O interacție eficientă între mai mulți atomi din molecule diferite de solut și solvent implică însă o potrivire a configurației celor două molecule în sensul că distanța dintre atomii fiecărei perechi între care se exercită atracția nu trebuie să fie cu mult mai mare decât suma razelor Van der Waals.

O mărime importantă care măsoară energia forțelor Van der Waals este raportul $\Delta H/\Delta V$, numit densitatea energiei de coeziune în care ΔH este căldura cheltuită pentru evaporarea unui volum de lichid ΔV .

Densitatea energiei de coeziune reprezintă numărul de calorii necesare pentru evaporarea unui cm^3 de solvent. În seria hidrocarburilor saturate această mărime este cuprinsă între 40 cal/cm^3 pentru propan și 65 cal/cm^3 pentru hexadecan. Densitatea energiei de coeziune ($\Delta H/\Delta V$) este de 57 cal/cm^3 pentru n-hexan, 73 cal/cm^3 pentru ciclohexan, 90 cal/cm^3 pentru benzen; 34 cal/cm^3 pentru perfluorhexan, 81 cal/cm^3 pentru tetraclorură de carbon și 100 cal/cm^3 pentru dioxan.

Toți solvenții care interacționează cu bunurile culturale prin forțe nespecifice, universale, deci nu formează legături de hidrogeni cu substanțele, materialele ce interacționează prin fenomenele de ad-absorbție și chemosorbție sunt solvenți aprotici.

După Parker, solvenții aprotici sunt nepolari și dipolari.

Solvenții aprotici nepolari (hidrocarburi alifaticе și aromatice, derivații halogenați ai hidrocarburilor, amine terțiale, CS_2) au constante dielectrice $\epsilon < 15$, momentul de dipol $\mu = 0-2D$ și energia de tranziție $E_T = 30-40 \text{ kcal/mol}$.

Solvenții aprotici dipolari au constantele dielectrice $\epsilon > 15$ momentele de dipol $\mu > 2,5D$ și energia de tranziție $E_T = 40-47 \text{ kcal/mol}$ iar cei mai reprezentativi solvenți din această grupă sunt: acetona, nitrometanul, acetonitrilul, nitrobenzen, dioxidul de sulf, carbonatul de propilen, dimetil-formamidă (DMF), dimetilacetamidă (DMA), dimetilsulfoxid (DMSO).

În continuare vom prezenta câteva tipuri de interacțiuni dintre factorii naturali ai unui mediu ambiant și toate categoriile de bunuri muzeale.

În orice mediu ambiant asupra bunurilor culturale acționează trei clase mari de factori distructivi care sunt:

1. factori ai mediului ambiant;
2. factori biologici;
3. factorul uman.

Clasa factorilor naturali distructivi ai mediului ambiant, după natura mecanismelor de degradare a bunurilor, se subdivide în:

- grupa factorilor reactivi, formată din apă, oxigen, ozon și gazele poluante (oxizi de sulf, azot, carbon, anhidrida acetică, amoniacul, hidrogenul sulfurat-gaze ce se găsesc în smogul chimic al gazelor de eșapament al autovehiculelor);
- grupa factorilor de activare în care intră temperatura, spectrul luminos natural și artificial dat de tuburile fluorescente și ultravioletele. Acești factori asigură energia de activare a factorilor reactivi necesară inițierii și dezvoltării proceselor chimice de degradare a bunurilor.

Factorii reactivi sub acțiunea factorilor de activare se pot combina atât între ei cât și cu elementele chimice din obiecte.

Dacă oxigenul și gazele poluante sunt implicate numai în degradări chimice, apa participă și la procese fizice și biologice de degradare.

Degradările fizice produse de apă la toată gama de bunuri se datorează existenței ei în natură, în funcție de temperatură, în cele trei stări de agregare-solidă când $T < 0^{\circ}\text{C}$; lichidă când $0^{\circ}\text{C} < T < 100^{\circ}\text{C}$; vapori $T \geq 100^{\circ}\text{C}$.

Pentru bunurile culturale, apa existentă în spațiul ambiant sub formă de umiditate absolută și care determină valoarea lui UR în funcție de T din spațiul în care se găsește bunul cultural, sau ca solvent folosit în curățirea chimică, este cel mai dăunător factor al mediului ambiant. Agresivitatea apei asupra bunurilor este determinată de implicarea sa în toate procesele de transformări fizice, chimice și biologice pe care le suportă bunul cultural, datorate interacțiunii ei cu funcțiile chimice active din compoziția bunului, dar și al implicațiilor de natură fizică prin forțe de tip Van der Waals ce pot să determine variații dimensionale. Greathouse a afirmat „datorită abundenței și profundeii ei influențe asupra reacțiilor chimice, apa este fără îndoială cel mai important agent chimic de deteriorare dintre toți factorii reactivi”.

Umiditatea ambientală reprezintă totalitatea vaporilor de apă pe care un volum de aer îl conține și a fost numită umiditate absolută UA (g/mc).

Curenții de convenție ce balează suprafața obiectelor higroscopice de natură anorganică și organică (au grupări active hidroxilice, aminice etc.) fac ca vaporii de apă să vină în contact cu obiectele, prilej cu care o parte din moleculele de apă din mediul ambiant sunt fixate fizic sau chimic pe suprafața lor, sau sunt eliberate de acestea (obiecte) prin evaporare, totul se petrece în funcție de T și UR a mediului ambiant.

UA este un factor natural, iar la exterior nu poate fi controlat pentru că depinde de cantitatea și intensitatea de evaporare a apei meteorice din sol și din oglinda apelor terestre,

precum și de procesele de respirație și transpirație biologică. Aceste procese sunt mai active cu cât temperaturile și viteza vântului sunt mai mari.

Umiditatea din spațiile închise apare ca rezultat al intruziunii în aceste spații a aerului din exterior cu umiditatea proprie, dar și al evaporării apei din zidurile cu umiditate ascensională sau din infiltrații, din evaporarea apei folosită în operațiile de curățare a ambientului etc.

Pentru a stabili în ce măsură UA poate influența starea de conservare a bunurilor este strict necesar să se cunoască următoarele:

- aerul liber și din ambient conține totdeauna o anumită cantitate de apă în stare de gaz;
- umiditate este un factor omniprezent și foarte variabil în timp și spațiu în funcție de T;
- capacitatea aerului ce conține vapori de apă este limitată este în funcție de T, astfel-crește T, crește și UA.

- orice cantitate de vapori de apă adăugată unui volum de aer saturat cu umiditate se condensează sub formă de picături;

- aerul umed este mai ușor decât aerul uscat, ceea ce înseamnă că densitatea aerului uscat e mai mare decât densitatea vaporilor de apă.

În spațiul deschis UA nu se poate măsura exact, determinările exacte se fac în spații închise și de aceea din punct de vedere a problemelor de conservare, UA nu este o mărime fizică concludentă. Pentru a evalua calitatea mediului ambiant, din punct de vedere al umidității, este necesară cunoașterea umidității relative.

Această clasificare a factorilor naturali ai mediului ambiant a fost necesară pentru a găsi metode de blocare sau îndepărtare a proceselor chimice de degradare, astfel:

- se poate acționa asupra factorilor reactivi, ceea ce înseamnă că umiditatea relativă din spațiile de expoziție sau depozitare este controlată și ținută la parametri optimi (50-65%) fără oscilații bruște și mari în jurul unei valori din acest spectru pentru fiecare categorie de bunuri, iar ozonul și gazele poluante ar fi normal să nu existe în astfel de spații;

- sau să intervină asupra factorilor de activare (T; spectrul luminos natural și fluorescent) pentru a nu asigura energia de activare (E_a) necesară activării factorilor reactivi.

În bunurile culturale de natură organică, dar și în unele bunuri de natură minerală, apa se găsește sub trei forme de existență:

- apa de constituție sau de formare care este legată chimic de elemente chimice ale bunului și este în proporție de până la 6% din greutatea bunului de natură organică și de până la 20% din greutatea obiectului mineral. Această apă nu este afectată de variațiile UR și nu influențează stare de conservare a obiectului. Temperaturi de peste 25⁰C timp îndelungat în spațiile în care se află documente, pergamente, textile etc., duc la micșorarea cantității de apă de constituție și care provoacă schimbarea culorii, a măririi rigidizării, a micșorării fragilizării, iar dacă temperaturile sunt în apropierea punctului de ardere se produce calcinarea (pierderea totală a apei de constituției).

- apa legată fizic prin adsorbție sau umiditatea higroscopică. Această formă de apă joacă un rol important în conservarea bunurilor și se găsește pe obiect în funcție de UR și T din spațiul de depozitare sau expunere.

- apa liberă (lichidă) din pori, vase, spații interstițiale, crăpături și de pe suprafața obiectelor poate apărea la contactul obiectului cu apa lichidă sau când T scade brusc cu 10-15⁰C și provoacă apariția punctului de rouă. Acestea sunt cazuri accidentale.

Indiferent în ce formă se găsește apa în/pe bunul cultural, factorul de activare T în funcție de ce valoare are la un moment dat față de valoarea optimă pentru care factorul reactiv - umiditatea - este pasiv, poate activa acest factor reactiv care să provoace degradări fizice, prin îngheț și gonflări, cu apariții de fisuri și crăpături în toată masa bunului cultural, dar și degradări chimice prin crearea de soluții acide sau bazice în funcție de alți factori reactivi prezenți.

Pentru o anumită categorie de piese anorganice și organice, scăderea temperaturii în intervalul (-5⁰C)-(5⁰C) reduce rata apariției proceselor chimice indiferent de valorile spectrului luminos natural sau artificial, dar cu condiția ca restul factorilor reactivi să se găsească în limitele normale.

Un alt mecanism de stopare a apariției proceselor chimice de degradare a bunurilor este plasarea lor în atmosferă de gaze inerte cu UR pentru temperatura ambientului. Prin îndepărtarea aerului, deci a oxigenului din jurul bunului, s-a înlăturat unul din cei mai periculoși factori de degradare chimică și biologică pentru majoritatea bunurilor.

Concluzia este: dacă se îndepărtează factorii reactivi din jurul bunurilor atunci temperatura și lumina în limitele optime nu mai au cui să genereze energia de activare (E_a) pentru a provoca apariția și desfășurarea mecanismului de degradare chimică.

Am menționat mai sus că acest factor reactiv, umiditatea, ca factor natural nu produce nu numai degradări chimice, fizice, dar și favorizează apariția degradărilor de natură

biologică, în funcție de valorile temperaturii, pot apărea infestări fungice sau de insecte sylofage.

Degradările fungice sunt de natură biochimică ce duc la degradarea chimică a celulozei sau ligninei în funcție de tipul de fung, cu apariția tipurilor specifice de putregai la suprafața sau în toată masa bunului și în final cu degradarea totală a bunului. Stoparea acestui factor se face prin menținerea UR între limitele impuse de normele de conservare pentru categoria de bunuri.

În cazul obiectelor cu structură complexă pe suport de lemn, pânză, piele, carton, cum sunt colecțiile de icoane, toate tipurile de pictură pe suporturile enumerate, sculptura policromă, mobilier, obiecte de uz casnic, colecții de elemente de arhitectură, etc., factorul reactiv-umiditatea-prin variația temperaturii provoacă apariția proceselor fizice de degradare, prim micșorarea sau creșterea de apă legată fizic (adsorbție) ce provoacă uscări sau gonflări a suportului și care în final prin procesele fizice de degradare-contrație-dilatate a suportului produce degradarea stratului pictural prin mecanismul clivării, apariția deformărilor tridimensionale, a fisurilor, crăpăturilor, exfolierilor, așchierilor.

Dacă se analizează cu atenție modul cum participă factorul reactiv-umiditatea la degradarea bunurilor în funcție de factorul de activare T se pot stabili două grupe mari de bunuri la care se produc degradări fizice sau chimice astfel:

- pentru variații ale T între 5-25⁰C la următoarele categorii de bunuri cu structură stratificată sau compusă ca: icoane, pictură în ulei pe pânză sau panel, mobilier, obiecte de uz casnic, sculptură policromă, factorul reactiv umiditatea provoacă apariția proceselor de degradare fizică prin uscare, iar pentru următoarele obiecte: metale (fără aur și platină) textile, documente, carte, piele, specimene de istorie naturală, os, grafică, clișee, etc. același factor, umiditatea, provoacă apariția mecanismelor proceselor de degradare chimică.

Nu trebuie să se înțeleagă că aceste două clasificări sunt rigide, iar degradările specifice primei grupe nu apar și la a doua grupă și viceversa. Degradările fizice și chimice provocate de umiditate se manifestă la ambele grupe, dar au arie de manifestare mai restrânsă. Pentru exemplificare vă supunem atenției lemnul policrom. Obiectele policrome au o structură stratificată sau compusă: suport din lemn plus stratul pictural complex. Factorul reactiv-umiditatea sub acțiunea factorului de activare T produce degradări fizice rapide la suportul de lemn și deci apare mecanismul clivării, de degradare a stratului pictural, dar în același timp datorită celorlalți factori reactivi ai mediului (oxigen, ozon și gaze de poluare) factorul de activare T generează energia de activare (E_a) necesară factorilor reactivi ca să

provoacă degradarea stratului de verni, prin îmbătrânire și pierderea transparenței, în urma unor procese chimice ireversibile.

Acțiunea necontrolată în timp a celor două clase de factori naturali de degradare ai mediului ambiental asupra bunurilor culturale modifică starea de conservare (structură, formă, compoziție, rezistența fizico-mecanică se micșorează), iar în ultima fază duce la degradarea totală și dispariția lor.

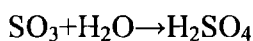
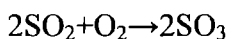
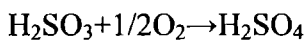
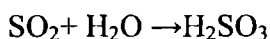
Indiferent de natura bunului cultural (anorganic-lumea metalelor și mineralelor; organic-constituită în principal din C, H, O, N, P, S) acestea manifestă o instabilitate chimică față de factorii naturali de degradare ai mediului, cel mai frecvent față de apă și oxigen, care sub acțiunea factorilor de activare duc la ruperea legăturilor chimice și formarea de noi compuși chimici.

Toate degradările fizico-chimice ale bunurilor culturale generate de cele două clase de factori de degradare sunt naturale, se produc spontan, fără intervenția omului, ele au loc când se întrunesc condițiile ce le favorizează apariția ca: contact direct între elementele chimice ce au afinitate și care au suficientă energie de activare prin creșteri foarte mari ale temperaturi și intensității spectrului luminos.

Degradările chimice sunt în general de suprafață, pentru că factorii reactivi datorită curenților de convenție din spațiile de expoziție și depozitare "spală" toate suprafețele obiectelor. Aceste degradări chimice sunt mai mult sau mai puțin lente, sunt în lanț, iar efectele lor sunt ireversibile. Această ireversibilitate a degradărilor chimice se datorează transformărilor chimice ce se produc sub acțiunea celor doi factori distructivi și care duc în direcția stării de energie mai scăzută a produsului rezultat și a unui grad de dezordine mai mare din punct de vedere chimic în sensul creșterii entropiei.

Frecvența acestor procese chimice de degradare crește odată cu creșterea temperaturii, deci a factorului de activare, dar și creșterea umidității, determină mărirea ratei acestor reacții chimice; umiditatea nu crează aceleași efecte de degradare ca efectele negative produse de creșterea temperaturii.

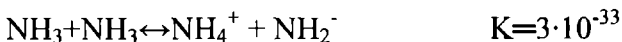
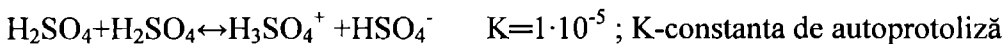
Cele mai frecvente procese chimice sunt procesele de hidroliză, de oxidare și de reacțiile autoprotolitice.



Aceste reacții sunt accelerate de prezența atomilor de metale feroase și neferoase.

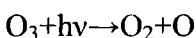
Sub același mecanism se desfășoară și reacțiile pentru oxizii de azot, carbon, anhidridă acetică, etc.

Toți solvenții amfiprotici (acizi, neutri, bazici), dau reacții autoprotolictice.



Pentru zonele înalte, peste 1000 m, unde ozonul este prezent pot avea loc și următoarele reacții:

$\text{O}_3 + h\nu + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}_2$, când apa este în cantitate mare în atmosferă, dar în lipsă de exces de apă apare oxigenul atomic care este foarte agresiv atât pentru metale cât și pentru obiectele de natură organică.



Toți acești produși acizi (acid sulfuric, azotic, carbonic, anhidrida acetică, hidrogenul sulfurat) și amoniacul se dizolvă în apa din atmosferă formând soluții acide și bazice care produc degradarea chimică de suprafață, mai rapidă sau lentă, în funcție de temperatura mediului și de afinitatea bunurilor culturale.

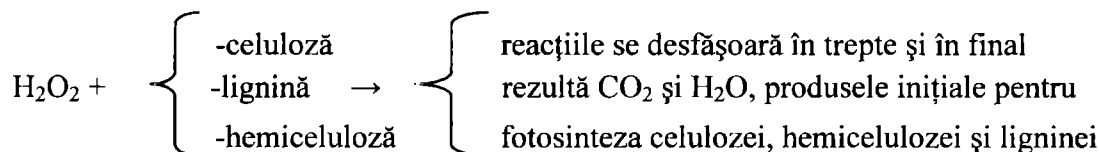
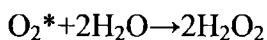
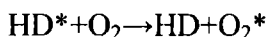
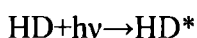
În zonele cu smog chimic puternic, generat de un trafic auto intens și variat, dar și de combinatele chimice, apare amestecul dintre acizii enumerați mai sus și anhidridele proprii ceea ce generează amestecuri puternic oxidative și care sunt extrem de agresive și nocive pentru bunurile culturale.

Degradarea metalelor prin procese chimice duce la formarea de produse mai stabile (oxizi) cu alte cuvinte se mineralizează, deci tinde către forma inițială de existență a metalelor în natură.

Dacă în mediul ambiant, UR are valori cuprinse între 50-65% și oscilații mici și lente în jurul unei valori, acțiunea acestor factori reactivi de corodare este foarte lentă și se produce punctiform pe suprafața metalelor, în acele puncte cu activitate chimică crescută. În cazul aliajelor de cupru cu staniu, stibiu, plumb (bronzuri, alame) centri activi sunt atomi sau conglomerările de atomi de staniu, stibiu, plumb, deoarece aceste metale se găsesc în stânga hirogenului în seria lui Bekettov.

Deoarece materialul lemnos pe lângă constituenții de bază: celuloză, lignină, hemiceluloză, mai conține și pigmenți, zaharuri, săruri minerale, care la acțiunea luminii pe

suprafața lemnoasă apar substanțe puternic oxidante ce produc ruperea lanțului celulozic și dezlipirea fibrelor de celuloză de lignină și hemiceluloză după următorul mecanism de reacții:



$h\nu$ -cuantă de lumină (energia de activare)

HD-pigment

Nu numai pigmentul poate fi inițiatorul degradărilor fotochimice a materialului lemnos ci și alți produși anorganici și organici. Componentii chimici principali din materialul lemnos (celuloză, hemiceluloză, lignină) sunt legați între ei prin forțe fizice și nu prin legături chimice și de aceea în funcție de natura factorului reactiv și T se poate degrada chimic unul sau doi componenți chimici, iar cel de al treilea să rămână intact.

În evoluția acestor procese de degradare fizico-chimică un rol important îl joacă „repetarea”. Repetarea ciclurilor de umflare-contractare (gonflare-uscare) ridică cele mai serioase probleme și este răspunzătoare de evoluția unui proces fizic din faza reversibilă spre faza ireversibilă. Pentru a stagna repetarea acestor fenomene distructive este suficient să asigurăm un climat constant de T și UR în spațiile de depozitare a bunurilor. Acestea se poate face prin îmbunătățirea izolării termice a depozitelor și asigurarea unui regim continuu de încălzire.

Un alt mijloc de înlăturare a repetărilor degradărilor chimice este renunțarea la iluminatul natural și cel fluorescent, care sunt factori de activare a factorilor reactivi și care produc distrugerea colecțiilor de natură organică.

Deci, reducerea frecvenței proceselor de degradare fizico-chimică a bunurilor generate de factori de degradare naturali nu depinde de abundența mijloacelor materiale (aparatură) de avertizare, cât mai ales de următorii factori, care nu sunt imposibil de întreținut: preocupare, înțelegere, cunoaștere, management corespunzător, în mod cert degradarea ireversibilă a

patrimoniului este generată înainte de toate de indiferență, neglijență, necunoaștere, management defectos.

Bibliografie

1. Metodiou Răileanu, *Rolul solvenților în reacțiile compușilor organici*, Scrisul Românesc, Craiova, 1976.
2. Aurel Moldoveanu, *Conservarea Preventivă a Bunurilor Culturale*, Centru de Pregătire și Formare a Personalului din Instituțiile de Cultură-București, 1999.
3. Greathouse G. A. and Wessel C. J., *Deterioration of materials*, Edited by-New York, 1953.
4. E. Vintilă, *Protecția lemnului*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1978.