

Viduslaiku misāles materiālu izpētes/ vecuma noteikšanas algoritms

Protokols Nr. 1074/025

Manuskripta pergaments pierasti tiek uztverts kā informācijas nesējs. Tomēr, pievēršoties pergamentam no materiālzinātnes viedokļa un izmantojot šodien pieejamās izpētes iespējas, iespējams iegūt informāciju, kas varētu būt noderīga objekta novērtēšanai un pētāmo materiālu izpratnei.

Pergaments, kā izpētes materiāls nes sevī lielu daudzumu bioloģiskas informācijas, kas var sniegt dziļāku izpratni par manuskripta izgatavošanu, izejmateriāliem, to apstrādi, objekta materiāla vēsturisko, iespējams, atkārtotu, izmantošanu. Pēdējos gados materiālzinātnes speciālisti, kas specializējušies manuskriptu izpētē, prezentē izpētes pieeju, kuru nosaukuši par biokodikoloģiju, un metodes pamatā ir centieni identificēt visas īpašības, parametrus, pazīmes, kas ļauj izprast manuskriptu kā fizisku objektu

Kodikoloģija sniedz izpratni par manuskripta materiālu izgatavošanu, to izmantošanas vēsturi, paša manuskripta iesiešanu, utt., un tiek dēvēta arī par "grāmatu arheoloģiju".¹



Pētāmā materiāla fotofiksācija: 2 lapas (avers, reverss).

Nošu rakstam un tekstam izmantotas divas atšķirīgas, melnas/ melni brūnas tintes. Ar sarkanu tinti vai krāsu ir ieklāti akcenti, dekoratīvi elementi.



Rakstītā materiāla izpēte vēsturiski tiek veikta jau ilgāku laiku, līdz ar to materiālu izpēte plašāk pazīstama un līdz ar to vieglāk pieejamas vairākos Eiropas izpētes centros, institūtos un universitāšu laboratorijās.

Raksta fragments. Saskatāmas 2 dažādu toņu melnas/ melni brūnas tintes, sarkanas krāsas dekoratīvi elementi.

I. Mikroskopiskā izpēte.

Manuskripta lapu izpēti nepieciešams sākt ar detalizētu mikroskopisku izpēti, fiksējot visus lapās esošos defektus, zudumus, caurumus, labojumus un locījumus. Nepieciešams fiksēt rakstītā materiāla nianšes, toņu un tintes slāņu biezuma, segtspējas (vai tieši caurspīdīguma) atšķirības, iespējamo graudu dispersitāti, ja sarkanā krāsojumā izrādās izmantots neorganisks pigments.

II. Nedestruktīva izpēte dažādos starojumos

Sākotnējai materiālu izpētei vēlams veikt lapu izpēti (vēlams arī fotofiksāciju) dažādos starojumos:

- ultravioletā (UV) starojumā, kas ļautu saskatīt dažādus uzslāņojumus, iespējams, dažādas saistvielas, pigmentus dēļ to specifiskas luminiscences;
- infrasarkanā (IS) starojumā, kas sniegtu iespēju ieraudzīt daļēji nosegtus, vai zudušus rakstus uz pergamenta virsmas, ja materiāls izmantots atkārtoti. Atšķirt gallu tintes, kā arī , iespējams, ieraudzīt atšķirību starp dažādām tintēm (pastāv iespēja, ka uz četrām virsmām izmantotas vairākas atšķirīgas tintes).;
- ja ir iespēja izmantot Multispektrālo attēlu sistēmu (Multispectral Imaging System) – vēlams izmantot minēto. Tās ietvaros būtu pieejami arī IS un UV starojums.

III. Izmantoto materiālu sastāva izpēte un identifikācija

Izmantoto materiālu identifikācijai nepieciešams izmantot multianalītisku pieeju. Iespējams izmantot gan nedestruktīvas, gan destruktīvas izpētes metodes. Vēlams izmantot vairākas, lai nodrošinātu nepārprotamu rezultātu iegūšanu un sekojoši nešaubīgu rezultātu interpretāciju.

Visu metožu izmantošana nav obligāta. To izvēli būtu iespējams precizēt pēc sākotnējās (I, II) izpētes.

Iespējamās izpētes metodes:

- rentgenfluorescento spektroskopiju (XRF) – kas sniedz informāciju par visiem materiālos esošajiem ķīmiskajiem elementiem. Tiks iegūta informācija, kas ļaus izteikt pieņēmumus kādi neorganiskie materiāli izmantoti. Izteikt hipotēzi par iespējamiem organiskiem materiāliem. Vēlams pārbaudīt tintes, sarkano krāsu, mikroskopiskajā izpētē atklātos, iespējams, jautājumus radošus uzslāņojumus, defektus;
- Furje transformācijas infrasarkanā spektroskopiju (FT – IR), kas ļautu identificēt organiskus savienojumus.
- Raman spektroskopiju, ar kuras palīdzību iespējams noteikt XRF identificēto neorganisko savienojumu molekulāro sastāvu, pergamentu sastāvu.
- Gāzu - šķidrums hromatogrāfiju – masspektrometriju (GŠH – MS), kas ļautu identificēt organiskas krāsvielas (iespējams, sarkanās krāsas sastāvā), tinšu sastāvā esošās organiskās vielas, pergamenta sastāvdaļas;
- Mikroķīmisko izpēti – ar kuras palīdzību iespējams identificēt kā organiskās, tā neorganiskās vielas. Metodes mīnuss ir, ka tās veikšanai nepieciešami materiālu paraugi un rezultāti nav saglabājami.

IV. Pergamenta izpēte (biokodikoloģija)ⁱⁱ

Ilgstoši pergamentu izpētē galvenais akcents tika likts uz sugas identifikāciju, citām pazīmes un īpašības uzskatot par mazāk aktuālām. Šodienas izpētes iekārtu attīstība un pieejamība ļauj izvērtēt un noteikt ne tikai dzīvnieka sugu, bet noteikt arī kāda ādas daļa izmantota pergamenta izgatavošanai, kādas apstrādes metodes izmantotas, kura lapas puse bijusi vērsta uz spalvas pusi un kā lapa attiecīgi bijusi iesieta manuskriptā.

Pergamenta izgatavošanas iezīmes

Aprakstot pergamentu, ir svarīgi atšķirt objekta vēsturiskus, laika gaita iegūtus bojājumus no dažādiem bojājumiem un materiāla īpašībām, kas radušās dzīva dzīvnieka fiziskās pieredzes vai arī pergamenta izgatavošanas procesā. Vēlams nošķirt arī iepriekšējos labojumus, pārveidojumus.

Bojājumus, kas pergamentam varētu būt radušies laika gaitā dažkārt iespējams sajaukt ar noteiktiem dabiskiem ādas nelīdzenumiem vai arī ar izmaiņām, kas, iespējams, ir veiktas objekta izgatavošanas laikā.

Sugu identifikācija

Pastāv vairākas iespējas sugu identifikācijai, tomēr atbilstosi ICON izstrādātajām izpētes darbu vadlīnijām, vēlams sakotnēji izvēlēties nedestruktīvas metodes, sekojoši pārejot uz destruktīvām metodēm.ⁱⁱⁱ

- Vizuālā identifikācija

Samērā veiksmīgi izmantojama pergamenta dzīvnieku izcelsmes noteikšanai. Mikroskopā iespējams saskatīt katrai sugai raksturīgās pazīmes - folikulu rakstu, dzīslāšanos, dabiskas rētas un zilumus, delamināciju un tauku nogulsnes noteiktās ādas vietās. Bieži vien folikulu raksts ir izteiktāks dzīvnieku kaulainajās vietās, piemēram, gar ribām un mugurkaulu, un atkarībā no sugas matu folikuli šajās vietās var atrasties tuvāk viens otram nekā citur. Tomēr daudzos gadījumos folikulu raksti nav redzami vai pergaments ir tik stipri apstrādāts ar pergamenta ražotāja nažiem, ka vizuāla identifikācija labākajā gadījumā ir sarežģīta. Nereti virsmas apstrādes procesā pilnībā tiek noņemti folikulu raksti, tāpēc, lai noteiktu izmantotās ādas veidu, jāizmanto citi kritēriji, piemēram, to stingrība vai elastība vai pergamenta lapu malas izliekums tām reaģējot uz apkārtējās vides iedarbību (mitrumu).

Pergamentā redzamā dzīvnieka anatomisko pazīmju novērošana un mērīšana var palīdzēt identificēt ķermeņa daļu (piemēram, iegurnā kaulu vai konkrētus skriemeļus) un sniegt aptuvenu izmēra un vecuma novērtējumu.

Apmatojuma un miesas puses identificēšana lapas ievietojumā manuskriptā sniedz iespēju izprast manuskripta veidošanas manieri.

Visbeidzot, pergamenta dokumentu vizuāla pārbaude var sniegt arī informāciju par to ražošanā izmantoto dzīvnieku veselību. Dažādas slimības un parazīti var izraisīt bojājumus uz dzīvnieku ādām, atstājot rētas, kuras var tikt reģistrētas pergamentā. Šo rētu forma, izmērs, raksturs un anatomiskā atrašanās vieta, apvienojumā ar skartās sugas identifikāciju, dažos gadījumos var ļaut diagnosticēt to izcelsmi, jo dažādi patogēni uz ādas izpaužas dažādos veidos.

Svarīgs rādītājs, kas izmantojams pergamentu izpētei ir pergamenta biezums, kura mērīšanai arī izstrādāta konkrēta metodoloģija (noteiktas materiāla mērīšanas vietas, aprīkojums).

- Olbaltumvielu identifikācija ar masspektrometriju

Vienkāršai sugu identificēšanai labākais veids ir pamata olbaltumvielu analīze ar elektrostatisko Zooarheoloģiju – Masspektrometriju (electrostatic Zooarchaeology by Mass Spectrometry; eZooMS). Aplūkojot viena konkrēta proteīna profilu (pirkstu nospiedumu), izmantojot masspektrometriju, iespējams identificēt dzīvnieka sugu, no kuras tas nācis.

Metode ir salīdzinoši lēta, ātra un pergamenta gadījumā tai ir ļoti augsts precizitātes rādītājs (> 90%). Viens paraugs tiek ņemts, izmantojot dzēšgumijas drupačas (~20 µl). Papildus sugas identifikācijai iespējams iegūt arī sīkāku informāciju par pergamenta ražošanas kvalitāti, izmantojot PQI (pergamenta kvalitātes indeksu).

- DNS noteikšana

Iegūstot un sekvenējot DNS, iespējams noteikt pergamenta dzīvnieka sugu un dzimumu, un, analizējot nelielās atšķirības ģenētiskajā kodā, iespējams noteikt iespējamās šķirnes variācijas (atkarībā no ģeogrāfijas) un radniecību ar citiem indivīdiem. Tomēr jāapzinās, ka no pergamenta iegūtā DNS kvalitāte un daudzums atšķiras, salīdzinot ar no dzīvniekiem iegūto, kas ietekmēs analīzes izšķirtspēju un var apdraudēt vēlamo detalizācijas līmeni. Šī raksturīgā sarežģītība ir jāpatur prātā, lemjot par (ilgstošas un dārgas) vēsturisko dokumentu ģenētiskās analīzes veikšanu.

- Mikrobioma izmantošana identifikācijai

Mikrobiomi (mikroorganismu kopiena noteiktā ekoloģiskā nišā) ir sastopami ne tikai uz cilvēkiem, bet arī apkārtējā vidē, un raksturīgās kopienas veidojas dažādās vietās. Pergamenta dokumentiem ir arī savs mikrobioms, kas ir raksturīgs to ražošanai, vēsturei, lietošanai un saglabāšanai. Mikrobioms uz dokumentu virsmas ir kā sava veida mikrobiāls pirkstu nospiedums vai paraksts, kas var sniegt papildu informāciju par objekta vēsturi, lai gan šīs informācijas interpretācija var būt sarežģīta.

Dažādu pergamentu salīdzināšanas procesa ieteikums

Sākotnēji eZooMS būtu labākais pirmais solis, lai apstiprinātu, ka abi fragmenti ir no viena un tā paša dzīvnieka un tiem ir līdzīgs PQI.

Nākamais solis būtu veikt DNS analīzi. Tas prasītu lielāku parauga daudzumu (dzēšgumijas drupačas ~200 µl). Analizējot iegūtos datus, būtu iespējams noteikt, vai fragmenti pieder pie vienas un tās pašas mātes līnijas/ganāmpulka. Veicot padziļinātāku sekvenēšanu varētu būt iespējams noteikt, vai tie pieder vienam un tam pašam indivīdam (dārga izpēte).

DNS analīze ir ne tikai darbietilpīgāka un laikietilpīgāka, bet arī daudz dārgāka par olbaltumvielu analīzi.

Traipu izpēte un identifikācija

Traipu noteikšanai būtu velams izmantot proteomikas analīzi. Tas ir solis tālāk nekā eZooMS, taču tam nav nepieciešams daudz lielāks paraugs (~ 50 µl). Veicot pilnīgu proteomikas analīzi, mēs varam ne tikai noteikt pergamenta sugu un PQI, bet arī identificēt visus papildu proteīnus, kas atrodas uz pergamenta virsmas. Proteomika piedāvā audu specifiskumu, ko DNS nevar nodrošināt. Iespējams iegūt svarīgas norādes par to, kā dokuments, iespējams, ir izmantots agrāk (finansiāli dārgāka, ilgāka par eZooMS, taču ievērojami lētāka un ātrāka par DNS analīzi, kā arī informatīvāka traipu gadījumā).

Datēšana

Dokumentus var datēt, izmantojot tiešas tekstuālas liecības (iespējams, ir norādīts kāds datējums). Radioaktīvā oglekļa datēšana nodrošina samēra precīzu datēšanas veidu, tomēr parasti datējums tiek noteikts kā kalibrēts datumu diapazons. Izpētei nepieciešami 3–10 mg materiāla.

Kopsavilkums

Izpētes uzsākšanai nepieciešama detalizēta, rūpīga manuskripta lapu mikroskopiska izpēte vismaz līdz 200x palielinājumā, uzmanību pievēršot gan pergamenta materiālam (nosakot sugu, izvērtējot un interpretējot visus defektus, uzslāņojumus, īpatnības, utt.).

Sekojoši jāveic materiāla izpēte dažādos starojumos (pēc pieejamības).

Atkarībā no sākotnējās izpētes rezultātiem un secinājumiem jāveic materiālu (pergamenta, tinšu, krāsas) identifikācija.

Datēšanai izmantojama radioaktīvā oglekļa metode, kā arī pigmentu informācija, ja tādi tiek identificēti rakstu materiālā.

Dipl.ing.chem./ M.sc.chem.

I.Tuņa

31.05.2025.

ⁱ <https://en.wikipedia.org/wiki/Codicology>

ⁱⁱ Fiddymment, S., Teasdale, M.D., Vnouček, J. *et al.* So you want to do biocodicology? A field guide to the biological analysis of parchment. *Herit Sci* **7**, 35 (2019). <https://doi.org/10.1186/s40494-019-0278-6>

ⁱⁱⁱ <https://icon.org.uk/groups/heritage-science/guidance-documents>