

**КЗВО ЛОР “Львівська медична академія ім. Андрея  
Крупинського”**



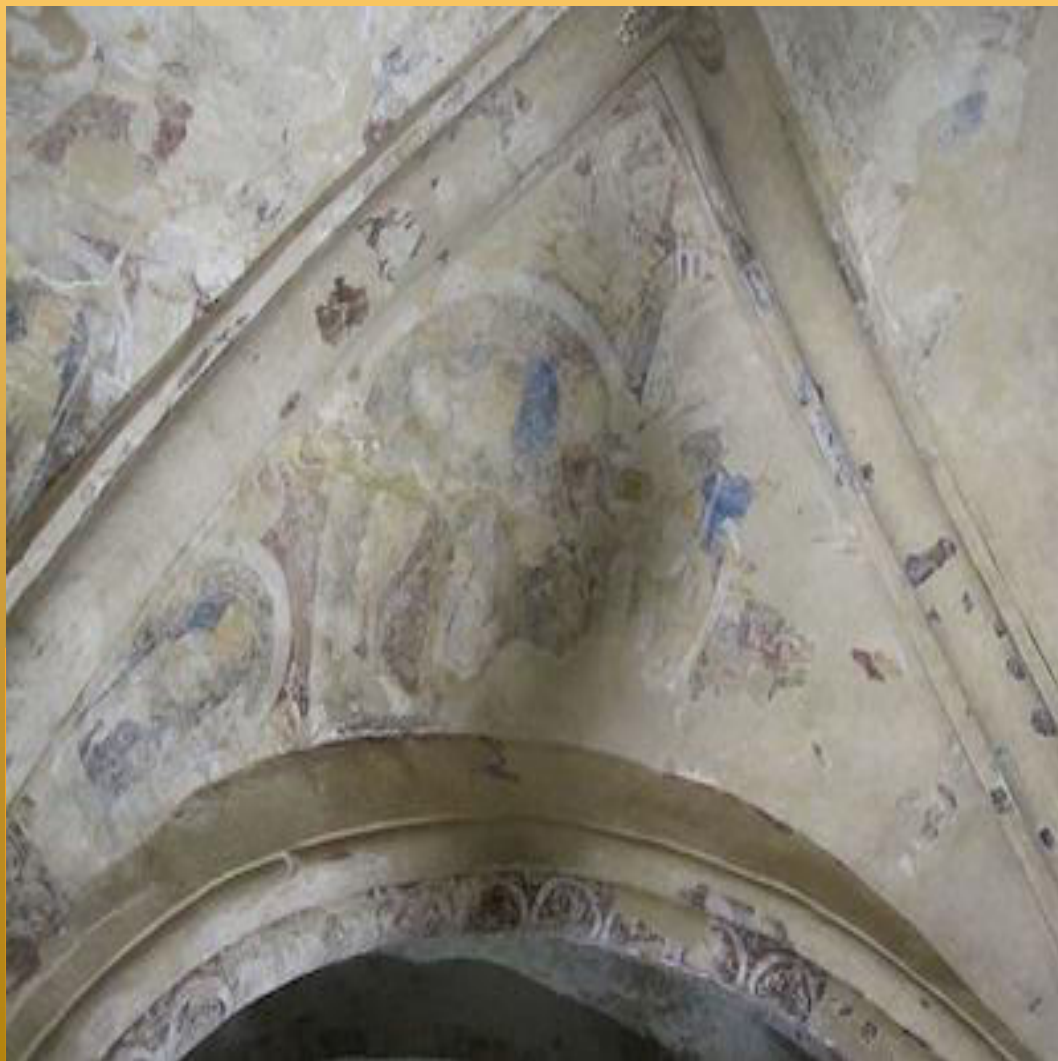
**КАФЕДРА ЛАБОРАТОРНОЇ МЕДИЦИНИ**

**КРУГЛИЙ СТІЛ “Мікробна спільнота на творах мистецтва”**

**17 вересня - МІЖНАРОДНИЙ ДЕНЬ МІКРООРГАНІЗМІВ**



# Мікроби як вороги та союзники у світі збереження мистецтва



Мікроби відіграють важливу роль у руйнуванні творів мистецтва, у тому числі цих картин 12-го століття, що прикрашають каплицю Кормака в Ірландії.



**Мистецтво є невід'ємною частиною людської цивілізації. Мистецькі реліквії, від кам'яних пам'ятників до монументальних розписів, дають важливий погляд на життя тих, хто жив раніше.**





**Проте мистецтво — це не лише свідчення людської творчості; воно також є домом для різноманітних спільнот мікроорганізмів, включаючи численні види бактерій і грибів. Пошкоджуючи все, від каменю до пігментів фарби, ці мікроби становлять загрозу для безцінного мистецтва та артефактів.**



**На жаль, стратегії запобігання та пом'якшення такого «біопсування» часто включають хімічну обробку і можуть бути шкідливими для самого твору мистецтва, що робить ці варіанти збереження не зовсім ідеальними.**



**За іронією долі, саме тут діють певні мікроби не як руйнівники мистецтва, а як реставратор мистецтва, здатний підкріплювати пом'якшення каміння або з'їдати бруд, що затьмарює картини.**

У результаті, хоча деякі мікроби можуть бути прокляттям існування консерваторів мистецтва, інші можуть бути їхніми союзниками.



# Мікроби як руйнівники мистецтва: біознищення

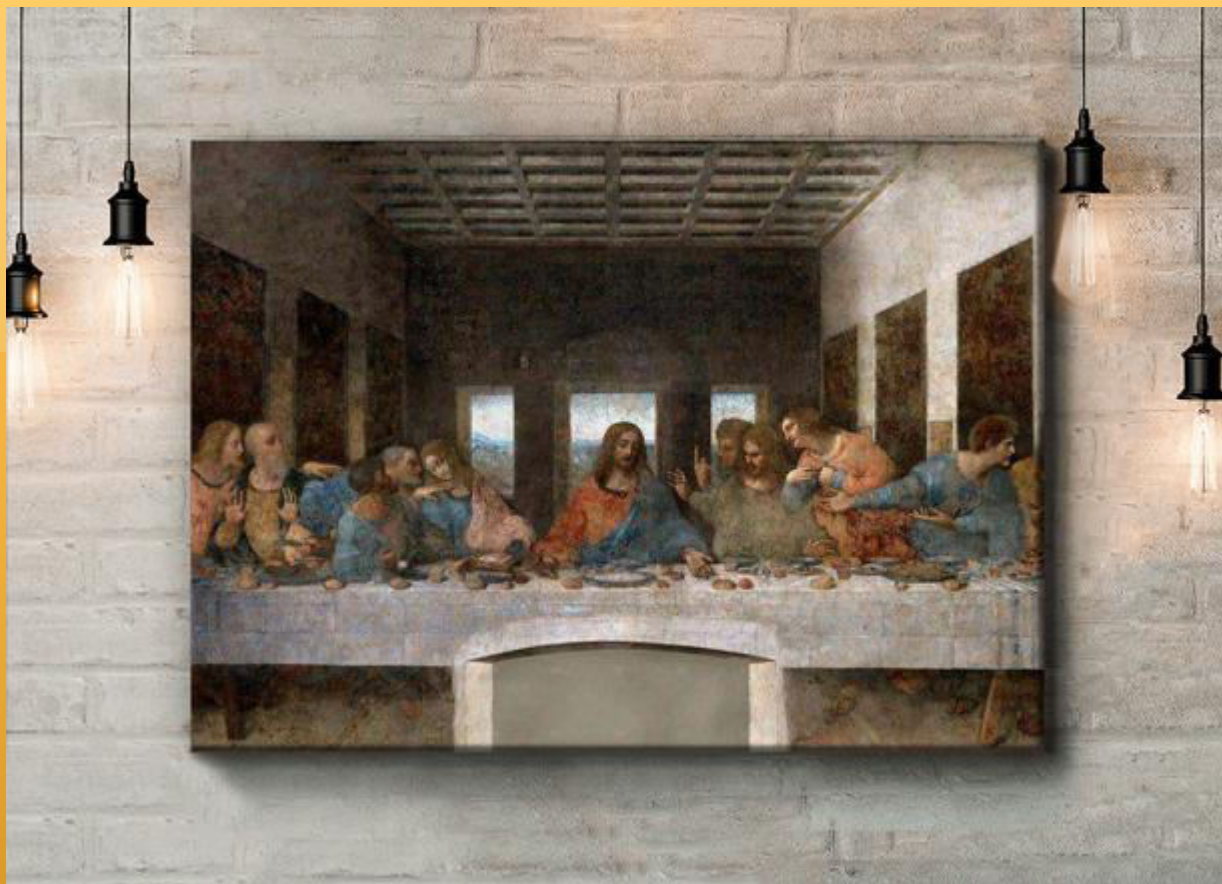


Біопсування - це процес, при якому мікробний метаболізм викликає небажані зміни властивостей матеріального об'єкта. У світі мистецтва такі зміни можуть бути естетичними (наприклад, зміна кольору пігментів на картині) або структурними (наприклад, деградація кам'яних пам'ятників або витікання фарби на фресках). Ці прояви біопсування часто йдуть рука об руку. Наприклад, структурні аберації можуть змінити зовнішній вигляд виробу.

На початок і прогрес біопсування впливають мікробні взаємодії один з одним, їх середовищем і самим мистецтвом. Існує безліч організмів які причетні до цього процесу, причому найбільш добре вивчені бактерії та гриби.







**Хоча багато факторів формують мікробні спільноти, які співіснують на даному творі мистецтва, тип і вік субстрату мають вирішальне значення.**



Наприклад, хоча можуть бути певні збіги, мікроби, що населяють станкову картину, багату органічними матеріалами, такими як полотно, пігменти та клеї, відрізнятимуться від колонізуючих кам'яних фресок, які в основному складаються з неорганічних матеріалів і, отже, вимагають специфічних метаболічних можливостей для добування поживних речовин і виживання.



Хоча основний субстрат твору мистецтва допомагає охарактеризувати ідентичність його початкових мікробних колонізаторів, біохімічні реакції каталізуються певними видами мікробів і це може змінити субстрат таким чином, що сприяє подальшій колонізації іншими видами.



Біоплівки є особливою проблемою в реставрації мистецтва; екстраполімерна речовина, яка їх охоплює, служить пасткою для забруднюючих речовин, які можуть бути шкідливими для мистецтва, особливо на відкритому повітрі. Більше того, біоплівки є липкими і вони важко очищаються, виробляють зруйновані молекули та захищають мікроби від нападу.





- Співтовариства шкідливих мікробів також зазнають сильного впливу навколишнього середовища в якому існує мистецтво. Такі фактори, як температура, вологість і вентиляція, сприяють і модулюють ріст одних мікробів, одночасно пригнічуючи інші.



Крім того, люди прямо чи опосередковано створюють умови, які сприяють виживанню організмів, які пошкоджують зовнішній вигляд і структуру твору мистецтва. Наприклад, забруднення повітря, пов'язане з діяльністю людини, забезпечує поживні речовини, які чіпляються за камені та підтримують ріст мікробів.



## Методи художньої реставрації

Зрештою, здатність мікробів послаблювати й знищувати мистецтво означає, що моніторинг та знищення таких руйнівних організмів є критичним для збереження мистецьких реліквій.



У закритих приміщеннях, як-от музеї, ретельно контролюють умови, включаючи температуру та вологість, щоб мінімізувати ризик розвитку мікробів. Однак суворий контроль за навколишнім середовищем менш можливий на відкритому повітрі.

Тому профілактика біопсування залежить від регулярного моніторингу та швидкої реакції на проблемні мікроби.





Повне виключення "біодетерогенів" з творів мистецтва - непроста справа. Під час вибору стратегії пом'якшення слід враховувати низку факторів, включаючи рівні небезпеки для людей та навколишнього середовища, універсальність використання, економічну доцільність та екологічні вимоги.



Найбільш доступні методи передбачають хімічне, механічне та фізичне руйнування мікробних консорціумів, і всі ці методи мають власний набір ризиків.



Наприклад, хімічна обробка творів мистецтва біоцидами та фунгіцидами є дешевою, ефективною проти широкого кола організмів і може застосовуватися у віддалених районах. Однак ці хімічні речовини можуть бути токсичними, неефективними для тривалого використання та можуть сприяти розвитку стійких до біоцидів мікробних спільнот.



Механічні методи вимагають інструментів, таких як щітки, скальпелі, пілососи та мийки під тиском, щоб видалити забруднення з художніх поверхонь.





Ці методи дозволяють обійти потребу в небезпечних хімічних речовинах, але вони можуть завдати шкоди певним типам творів мистецтва і навіть можуть заштовхнути мікроби глибше в субстрат. Наприклад, камінь для миття під тиском може загнати мікроби в його тріщини.



Вибухи мистецтва гамма-випромінюванням або лазером виявилися успішною тактикою для знищення мікроорганізмів і, як і механічне пошкодження, не потребує шкідливих сполук. Однак ці методи є дорогими і вимагають спеціалізованого персоналу для адміністрування, що зменшує доступність.



- Оскільки жоден метод усунення не є досконалим, існує велика потреба в щадних, ефективних та економних методах реставрації, захисники мистецтва все частіше звертаються до тих речей, з якими вони намагаються боротися, — до мікробів — для вирішення.

# Мікроби як реставратори мистецтва: біореставрація



- Мікробний метаболізм можна використовувати для пом'якшення біологічного погіршення та управління наслідками загального вивітрювання та накопичення залишків на творах мистецтва. Примітно, що в порівнянні з традиційними методами відновлення мікроби є дешевшими, менш інвазивними, високоспецифічними та легше контролюються.





Дослідники  
використову  
вали бактерії  
для  
очищення  
чорних кірок  
з собору  
Флоренції.





- Крім того, з точки зору самої ефективності «біовідновлення» може перевершити інші тактики. Порівнюючи хімічні, лазерні та мікробні методи очищення для видалення чорної кірки (сірчистого скупчення, яке часто зустрічається на камені в забруднених середовищах) із собору Флоренції, вчені прийшли до висновку, що мікроби були найкращим вибором.



Існує кілька способів використання мікробів для відновлення творів мистецтва. Біоочищення передбачає застосування мікробів безпосередньо до мистецтва, де вони метаболізують проблемні відкладення, включаючи органічні речовини та солі, щоб видалити їх із твору мистецтва.



■ Низка досліджень оцінює корисність цієї техніки.

Життєздатний штам *Pseudomonas stutzeri* A29, бактерія, яку раніше хвалили за її потенціал біоочищення, була використана для успішного очищення майже 400-річних настінних розписів у Ватикані. Музеї та Купола Пізанського собору в Італії. Для видалення графіті також залучено біоочищення, яке має багатообіцяючі результати.





- Крім метаболічного очищення, мікроби також зміцнюють його.
- Види бактерій, такі як *Desulfovibrio* і *Bacillus*
- утворюють скупчення кальцію, які підтримують руйнування каменів.
- Це називається «біоконсо», і це один з найбільш добре вивчених методів лікування на основі мікробів для відновлення кам'яних творів мистецтва.





Наприклад, дослідники виділили бактерії з камяних блоків у монастирі Сан-Херонімо в Гранаді, Іспанія. Після визначення біомінералізаційних можливостей бактерій вони повторно застосували перспективні ізоляти до каменю. Завдяки утворенню великої кількості карбонату кальцію спостерігалось чудове ущільнення поверхні протягом 2-річного періоду.



Ці мікроби були добре пристосовані до умов каменю, знайденого в цьому конкретному монастирському середовищі, що свідчить про потенціал місцевих мікробів для біоконсолідації.



Окрім наведеної вище тактики, дослідники використовують антагоністичні відносини між мікробами та/або їх секреторними продуктами для знищення шкідливих організмів. Види *Vacillus* привернули особливу увагу в цьому відношенні, оскільки вони виробляють широкий спектр продуктів метаболізму з антимікробним потенціалом, включаючи протигрибкові пептиди та ліпопротеїди, серед інших.





Декілька досліджень перевірили можливість застосування *Bacillus* для пригнічення росту мікробів, що живуть у фарбі. Одне дослідження показало, що спори *Bacillus* (а саме *B. subtilis*, *B. pumilius* і *B. megaterium*) можуть майже повністю пригнічувати ріст грибів і бактерій, виділених із станкового живопису 17 століття.



Інший звіт виділяв вторинні метаболіти, включаючи біоциди та ліпопротеїди, з чистих культур видів *Vacillus*. Ці сполуки пом'якшили ріст грибів, отриманих із біологічно розкладених фресок. Важливо, що через 5 місяців лікування не вплинуло на зовнішній вигляд репрезентативних фрагментів фрески, що свідчить про те, що це також досить безпечна техніка.



Тим не менш, потрібна додаткова робота, щоб переконатися, що такі методи біоконтролю не впливають негативно на мистецтво в процесі його дезактивації.



## Рухатися вперед

Відносини між мистецтвом і мікробами складні, і нам ще багато чого потрібно дізнатися як про біопсування, так і про біовідновлення. Завдяки досягненням у секвенуванні ДНК більшість робіт зосереджена на каталогізації мікробів, які населяють твори мистецтва.





**Проведено мало досліджень, щоб зрозуміти метаболічні функції цих мікробів, оскільки вони стосуються біопсування. Крім того, не всі мікроби на творі мистецтва становлять загрозу, а деякі насправді корисні.**



Щоб усунути поточні прогалини в знаннях, деякі дослідження використовували профільтрування спільнот на основі РНК або метаболічного аналізу, ідентифікували гени та сполуки, пов'язані з погіршенням.



**Зрештою, багатогранний підхід із використанням культурно-незалежних і культурно-залежних методологій у поєднанні з функціональним аналізом дасть змогу краще зрозуміти потенціал погіршення мікробів на різноманітних творах мистецтва.**





**Більше того, моніторинг та зв'язок змін у мікробних спільнотах із складом субстрату та умовами навколишнього середовища з часом буде мати важливу роль у визначенні найкращих методів дезактивації.**





**Успіх біовідновлення створює стимул для виявлення нових мікробів з перспективним відновлювальним потенціалом і визначення контекстів, у яких ці мікроби можуть і повинні застосовуватися.**

**Ефективні формули та методики, які використовують відновлювальні мікроби, щоб запобігти руйнівному росту мікробів, не завдаючи шкоди ілюстрації, будуть пріоритетом.**



**Важливими будуть також ефективність, корисність та економічна доцільність таких методів. Примітно, що нещодавно вчені створили агар-марлевий гель, збагачений життєздатними бактеріями, для очищення настінних картин, що спричинило значне зниження вмісту органічних речовин на картинах лише за 3-12 год після введення**



**Інша група розробила процес сухого біоочищення, під час якого зневоднені дріжджові клітини наносили на кам'яні роботи. Вода, яка в природі міститься в камені, регідратувала клітини для метаболізму накопичення;**

**Тест на Quattro Fontane в Римі показав захоплюючий потенціал.**



**Загалом, коли ми дізнаємося більше про мікроби, які колонізують мистецтво, ми будемо краще підготовлені до бою і, можливо, подружитися з ними.**



**ДЯКУЮ ЗА УВАГУ !**  
**Слава Україні ! Разом до Перемоги!**

