

Розробка способу захисту бетонних підлог тваринницьких будівель від корозії за рахунок використання сухих дезінфікуючих засобів

О. І. Шкромада, Т. І. Фотіна, Р. В. Петров, Л. В. Нагорна, О. М. Бордун,
М. В. Барун, Е. М. Бабенко, М. С. Карпуленко, Т. М. Царенко,
В. В. Соломон

Бетонні підлоги найчастіше використовуються у приміщеннях для утримання тварин. Однак специфічне середовище тваринницьких приміщень (волога, сеча, дезінфікуючі засоби) має негативний вплив на бетон та призводить до його корозії. Вплив хімічних та фізичних факторів на бетон підкріплюється розвитком мікроорганізмів, які швидко адаптуються та використовують бетон, як середовище для існування.

Для зменшення впливу агресивного середовища на бетонну підлогу була запропонована експериментальна суміш сухих дезінфікуючих речовин підібраних з урахуванням синергетичної дії. Компоненти суміші для дезінфекції відносяться до малотоксичних речовин і можуть використовуватись в присутності тварин і людей.

Методом TPD-MS визначали зміну хімічного складу бетону. Для дослідження мікроструктури бетону застосовували метод растрової електронної мікроскопії.

*Мікробіологічними дослідженнями виявлені бактерії *A. Thiooxidans*, *S. aureus*, *E. coli*, *S. enteritidis*, *S. Choleraesuis*, *C. Perfringen* та мікроміцети роду *Cladosporium*, *Fusariums*, *Aspergillus*, які сприяють розвитку біологічній корозії бетону у тваринницьких приміщеннях. Також встановлений факт негативного впливу концентрованих дезінфікуючих засобів на структуру бетону.*

В результаті проведених досліджень доведено, що суміш сухих компонентів для дезінфекції проявляє протимікробні властивості в різному ступені до виділених у свинарському господарстві штамів польових ізолятів бактерій та грибів. Встановлено, що при застосуванні запропонованої суміші сухих дезінфікуючих компонентів у дослідному приміщенні свинарника зменшується відносна вологість на 38,5 %; вміст амоніаку – на 46,2 %; сірководню – на 57,8 %; мікробних тіл – на 74,7 %, порівняно до контрольного приміщення.

Експериментально доведено, що запропонована суміш сухих дезінфікуючих речовин має гігроскопічні та протимікробні властивості і є перспективним для використання в умовах тваринницьких ферм.

Ключові слова: корозія бетонної підлоги, суміш сухих дезінфікуючих компонентів, агресивне середовище, протимікробні та гігроскопічні властивості.

1. Вступ

Приміщення для вирощування тварин виконані з бетону. Незважаючи на надійність будівельного матеріалу існують певні чинники його руйнування, які

призводять до зменшення терміну експлуатації. Виробництво бетонних конструкцій залишається популярним і постійно вдосконалюється. Залишається вирішити ряд проблем із хімічною та біологічною корозією бетону. На початку досліджень важливо з'ясувати причину виникнення корозії. А саме дослідити хімічні та біологічні чинники та визначити критичний період руйнування для бетонних споруд.

При експлуатації тваринницьких приміщень створюються умови для росту мікрогрибів та бактерій. На початку формування сприятливого середовища мікроорганізми автотрофи починають процес асиміляції. Далі специфічні бактерії та гриби використовують бетон як середовище для існування. Процес дисиміляції запускається дуже швидко, через наявність достатньої кількості вологи та плюсової температури. Також мікроорганізми мають високу стійкість до хімічних дезінфектантів. Крім того, при постійному використанні одного дезінфектанту виникають високорезистентні штами мікроорганізмів.

Необхідно зазначити, що хімічні засоби дезінфекції є достатньо агресивними сполуками, які викликають руйнування поверхні бетону. Дезінфікуючі засоби використовують рідкому, сухому та аерозольному стані. Найчастіше вживають сполуки хлору, окиснювачі, феноли, альдегіди, кислоти та луги.

Крім того, на бетонні підлоги діють біогенні виділення тварин: сеча та фекальні маси. Також каналізаційна система для видалення гною страждає від специфічної біологічної корозії. Таким чином встановлено, що на бетонні підлоги у тваринницьких приміщеннях впливає хімічна та біологічна корозія.

У тваринницьких приміщеннях для збільшення терміну експлуатації бетонних підлог використовують примусову вентиляцію, механічне очищення від гною. Також проводять поточні ремонти для усунення тріщин в бетоні, облаштування каналів для стоку рідини та гною. При утриманні тварин на підлозі використовують глибоку підстилку з соломи або тирси. Однак всі ці заходи не вирішують в цілому проблему корозії бетону.

З метою зменшення корозійного впливу підвищеної вологи, біогенних виділень, мікроорганізмів та хімічноагресивних сполук на бетонні підлоги запропоновано використовувати суміш сухих дезінфікуючих речовин на основі (%): хлораміну – 0,2; тимолу – 0,1; міді сульфату – 2,0; заліза сульфату – 1,0; кальцію сульфату дигідрату – 45,0; цеоліту – 42,0; каоліну – 9,6.

Суміш для дезінфекції має нейтральне рН, при цьому знищує 99 % мікроорганізмів, за рахунок синергетичного впливу компонентів. Крім того дезінфектант зменшує вологу в приміщенні та концентрацію сечі на поверхні бетону. Актуальність таких досліджень полягає у розробці та впровадженні у виробництво суміші сухих дезінфікуючих синергетично підібраних компонентів, для попередження виникнення біологічної та хімічної корозії бетонних підлог у тваринницьких приміщеннях.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Бетонні конструкції піддаються різним видам корозії у агресивних середовищах. Надмірна волога та автотрофні мікроорганізми, які швидко колонізують будівельні матеріали призводять до погіршення ситуації. Бетонні

конструкції в каналізаційних системах, морському будівництві, підземному будівництві та інших вологих середовищах легко піддаються прикріплення мікробів, колонізації і, в кінцевому підсумку, псування. Дослідники при ретельному відборі та дослідженні виявили, що деякі добавки, включаючи неорганічні і органічні антимікробні агенти, можуть надавати бетону чудові антимікробні властивості. Однак проведений експеримент не дає рекомендацій що до можливостей знищувати мікроорганізми на поверхні бетону в приміщеннях що експлуатуються [1, 2].

Вирішенням даної проблеми може бути використання дезінфікуючої речовини, яка у малих концентраціях може знищити широкий спектр мікроорганізмів. Дезінфікуюча речовина хлорамін тозилхлорамід натрію (CAS 127-65-1, EINECS 204-854-7) містить 25 % активного хлору. Універсальний порошковий дезінфікуючий засіб на базі активного хлору.

Рекомендується для проведення дезінфекції у медичних, сільськогосподарських, промислових, харчових та інших установах, в яких є ризик виникнення великого біологічного та інфекційного навантаження.

Недоліком засобу є його корозійна активність у великих концентраціях. Однак використання хлораміну у низьких концентраціях (наприклад 0,2 %) не проявляє руйнуючого впливу на поверхню бетону. Крім того хлорамін має спороцидну активність та гігроскопічні властивості [3].

Існує поширена проблема зі стінами залізобетонних конструкцій в каналізаційних тунелях, особливо після тривалого терміну використання. Причиною корозії є сульфатна кислота біологічного походження, яку виробляють тіонові бактерії. Бактерії роду *Thiobacillus* у анаеробних умовах перетворюють сірководневий газ в їдку сульфатну кислоту. В роботі використані наноматеріали для захисту бетону від корозії [4]. Запропонований метод антимікробної корозії має не достатній досвід у випробуванні довговічності його в умовах агресивних середовищ виробництва.

У тваринницьких приміщеннях існує проблема впливу агресивного середовища на будівельні конструкції, особливо підлогу. На підлозі постійно накопичується гній та сеча, які навіть при ретельному механічному чищенні складно видалити. Крім того, у тваринництві практикується щоденне використання дезінфектантів. Дезінфікуючі засоби найчастіше представлені концентрованими лугами або кислотами, що призводять до карбонізації поверхневого шару бетону. Для вирішення цих проблем дослідниками в роботі запропоновано на основі наночасток діоксиду титану (nano TiO_2), дрібнодисперсного діоксиду титану в анатазній кристалічній формі (anataz TiO_2), поверхнево-активні речовини (алкілтриметіламінхлоріда) дозволяє підвищити стійкість бетону в агресивних умовах експлуатації. Однак у досліді не розглядається питання захисту бетону під час тривалої експлуатації [5].

В якості дрібнодисперсного компонента для захисту бетонної підлоги, що експлуатуються тривалий час можна запропонувати каолін. Каолін – це мінерал природного походження до складу якого входять оксид алюмінію і кремнію. До властивостей каоліну відноситься адсорбційна та іонообмінна активність. Як показали дослідження [6], каолін є чудовим сорбентом для бактерій. Крім того,

каолін не має впливу на бетонні споруди і безпечний для тварин, якщо навіть потрапить до організму з водою [7].

Складські приміщення для зберігання рідкого гною у свинарському або молочному господарствах становлять значну частину інвестицій в інфраструктуру сільськогосподарського будівництва. Важливо, щоб ці об'єкти працювали належним чином і щоб вони робили це протягом очікуваного терміну експлуатації. Однак бетон у господарських будівлях зазнає впливу великих концентрацій сірководню (H_2S) та сульфатів, що призводить до погіршення стану залізобетону. Це призводить до передчасного зносу пірсів та підлог. У деяких цехах для свиней було зафіксовано 50 % втрати очікуваного терміну експлуатації [8].

Також проведені дослідниками експерименти довели, що причиною корозії бетону у тваринницьких приміщеннях є мікрогриби роду *Penicillium*, *Fusarium*, *Cladosporium*, *Aspergillus* та бактерії *Escherichia coli* та *Pseudomonas aeruginosa*. При проведенні мікроскопічних досліджень шляхом занурення зразків бетону на м'ясопептонний агар доведено, що добавка до бетону, до якої входять: жовтий залізоокисний пігмент, рідке скло, купрум сульфату та надощова кислота мають протимікробні властивості [9]. Проте проблемою є обмежений термін протимікробних властивостей.

Всі матеріали (дерево, метал і бетон), що використовуються при будівництві господарських будівель, схильні до ризику корозії. Металеві та бетонні конструкції легко піддаються корозії хімічними речовинами, що містяться в продуктах гною, органічних і неорганічних кислотах, що призводить до утворення оксидів заліза і втрати маси. Тривала дія на бетонні конструкції гною, сільськогосподарських стоків та інших хімікатів призводить до гідратації цементу, утворення кристалів кальциту, і розпад структури. Крім того, пташиний гній був пов'язаний з вираженим ризиком корозії в порівнянні з гноєм свиней або великої рогатої худоби, можливо, через високу концентрацію H_2S і NH_3 і інші корозійні агенти [10]. Дослідники запропонували використання сульфатостійкого цементу для бетонної суміші для підлог при будівництві тваринницьких ферм. Нерозкритим залишилось питання захисту уже існуючих конструкцій тваринницьких приміщень.

Також технологічний супровід тваринницьких споруд з матеріалів, які забезпечують оптимальне виробництво проти корозії, таких як зола та або просочення бетонної суміші парами кремнезему не дає повної гарантії довговічності бетону.

Використання в якості екологічно безпечного дезінфектанту порошку тимолу може вирішити проблему корозійного впливу мікроорганізмів на будівельні матеріали. Тимол (2-ізопропіл-5-метилфенол) – $C_{10}H_{14}O$, природний монотерпеновий фенол, ізомер карвакролу. Тимол був отриманий з ефірної олії чебрецю *Thymus vulgaris*. Це кристалічна речовина, яка має сильний ароматний запах. Тимол проявляє антимікробні властивості, за рахунок руйнування мембран бактерій та мікроспорідій, та біоплівки органічної природи на поверхні будівельних матеріалів [11].

У програмах дезінфекції птахофабрик використовується гашене вапно для

забезпечення більшої інтенсивності світла для птахів і поліпшення зовнішнього вигляду ферми. Однак, згідно з цим дослідженням, гашене вапно було більш ефективною, ніж доступні в даний час дезінфікуючі засоби [12]. Нажаль використання гашеного вапна можливе для стін, але не практичне для застосування на бетонних підлогах. Крім того, гашене вапно не вирішує проблему зменшення вологи в приміщенні.

Шляхом подолання підвищеної вологості у приміщенні може бути використання речовин, які мають гігроскопічні властивості, наприклад цеоліти. Цеоліти відносяться до групи мінералів, водних алюмосилікатів. Здатність поглинати рідину у цеолітів пов'язана з їх пористою та каналною структурою. Цей тип мікропористої структури надає цеолітам велику внутрішню поверхню по відношенню до зовнішньої, яка пов'язана з підвищеною здатністю до обміну катіону (що робить її гідрофільною сполукою), здатна ефективно адсорбувати полярні молекули. Природні цеоліти, які видобуваються в Україні в Закарпатській області, містять кліноптилоліт. Цей вид цеолітів має високу термічну, механічну та хімічну стійкість [13]. Природні цеоліти виконують функцію сорбента для неорганічних та органічних сполук. Недоліком цеолітів є визначений розмір каверн, крізь які проходить всмоктування і часточки більші за розміром не можуть бути поглинуті [14, 15]. Перевагою природних цеолітів на штучними є здатність до регенерації.

Також оцінка ефективності дезінфікуючих засобів не повинна обмежуватися лабораторними дослідженнями. Для оцінки дійсного ефекту дезінфектантів слід використовувати тести і польові випробування. Крім того, важливо враховувати, що польові проби дозволяють ідентифікувати бактерії і перевіряти чутливість виділених мікроорганізмів до дезінфікуючих засобів.

Дослідження проведені у державній лікарні та управління охорони здоров'я Гельм, Алжир довели, що до сульфату міді були чутливі 52 % переважної більшості вивчених бактерій. Максимальна бактерицидна активність сульфату міді була зареєстрована проти *Proteus vulgaris* і *Staphylococcus aureus*. Однак, були виділені штами стійкі до сульфату міді (*Escherichia coli*, *Staphylococcus saprophyticus*) [16]. Експериментальна суміш сухих компонентів вміщує в себе декілька сполук для максимального антимікробного спектру.

Дослідниками був проведений експеримент на молочній фермі в Китаї. В результаті досліджень було встановлено, що використання питної води з додаванням кальцію сульфату при 21 °C суттєво пригнічувало ріст та розмноження *E. coli* до 10⁵ КУО/мл [17]. Однак точний механізм впливу кальцію сульфату на бактерії не був встановлений. Крім того, виникає питання концентрації дезінфікуючої речовини у вмісті кишечника .

Підсумовуючи роботу дослідників можна зазначити, що не можна повністю запобігти корозії сільськогосподарських споруд, однак можна її зменшити, за рахунок вибору матеріалів та профілактичних заходів.

Одним з важливих факторів профілактичних заходів є вибір ефективного дезінфікуючого засобу з найменшою корозійною активністю стосовно бетону.

Запропонована суміш суха суміш для дезінфекції містить діючі речовини

(%): хлорамін – 0,2; тимол – 0,1; міді сульфат – 2,0; заліза сульфат – 1,0; кальцію сульфат дигідрат – 45,0; цеоліт – 42,0; каолін – 9,6.

При виборі компонентів для сухої дезінфікуючої суміші керувалися сучасними вимогами до дезінфектантів. Основними з них вважаються безпечність при використанні в присутності людей і тварин. Також важливий широкий спектр бактерицидної дії. Крім того, додатково враховували гігроскопічні властивості та низький корозійний вплив на бетонні конструкції.

Отже використання експериментальної сухої суміші для дезінфекції є доцільним для покращення корозійної та мікробної стійкості підлог з бетону.

3. Мета і завдання дослідження

Метою дослідження є розробка та впровадження суміші сухих дезінфікуючих синегретично підібраних компонентів для посилення протикорозійної стійкості та продовження терміну використання бетонних підлог у тваринницьких будівлях.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

– встановити причини утворення та ступінь хімічної та біологічної корозії бетонних підлог у тваринницьких приміщеннях;

– дослідити протимікробну активність запропонованої суміші сухих компонентів для дезінфекції стосовно виділених штамів польових ізолятів у тваринницьких приміщеннях;

– визначити гігроскопічні властивості експериментальної суміші для дезінфекції при використанні на поверхні підлог у тваринницьких приміщеннях.

4. Матеріали та методи дослідження

4.1. Об'єкт та умови дослідження

Дослідження проводились в лабораторії ветеринарної медицини Сумського національного аграрного університету протягом 2020–2021 років (м. Суми, Україна).

Виробничі дослідження проводили умовах Державного підприємства «Дослідного господарства Інституту сільського господарства Північного Сходу» Національної академії аграрних наук України с. Сад, Сумського району, Сумської області.

Дослідження проводили у свинарнику в цеху дорощування. Приміщення було побудовано у 1980 році. За цей період були проведені декілька косметичних ремонтів. Тварини утримуються у цегляному приміщенні з бетонною підлогою. Чистка гною відбувається вручну. Через велику густоту посадки тварин виникає необхідність проводити щоденну профілактичну дезінфекцію. Тому ефективність дезінфікуючого засобу має велике значення.

Дезінфекцію за допомогою експериментально розробленої суміші сухих компонентів проводили після ретельної механічної та санітарної очистки, шляхом рівномірного посипання поверхні підлоги з розрахунку 50–100 г/м².

4. 2. Методика дослідження зразків бетону за допомогою TPD MS

Для дослідження термостійкості бетону використовували установку термопрограмованої мас-спектрометрії (TPD MS). Зразки бетону отримували з контрольного приміщення – офіс господарства та дослідного – приміщення свинарника (цех для дорощування). Споруди були побудовані в один термін 1980 рік. Проводили нагрівання зразків бетону масою 5–10 мг від температури 40 до 900 °С. Одночасно фіксували за допомогою мас-спектру суміші газів та ідентифікували їх за молекулярними масами (m/z): 18 – вода; 44 – діоксид вуглецю CO_2 , 48 – оксид сірки SO [18].

4. 3. Методика проведення скануючої електронної мікроскопії

Дослідження мікроскопічної структури бетону виконували методом скануючої електронної мікроскопії на приладі РЕМ 106 и (BAT SELMI м. Суми, Україна). Дослідження проводили в растровому електронному мікроскопі у режимі вторинних електронів в діапазоні електроннооптичних збільшень від 200 до 5 000 крат. Біоплівки на зразках бетону досліджували після фіксації у 2,5 %-ному глутаровому альдегіді на 0,2 М фосфатному буферному розчині. Напилення зразків для надання електропровідності виконували сріблом [19].

4. 4. Метод визначення мікроклімату в приміщенні свинарника та проведення мікробіологічних досліджень

Визначення вмісту вуглекислого газу, амоніаку та сірководню проводили за допомогою газоаналізатора. Відносну вологість повітря в приміщенні досліджували статичним психрометром Августа, бактеріальну забрудненість повітря – приладом Ю. А. Кротова. Змиви з поверхні конструкцій тваринницьких приміщень (стіни, підлога) брали у цеху з вирощування свиней. Вирощування бактерій проводили на елективних середовищах. Вирощування проводили згідно видової належності мікроорганізму [20]. Культивуацію мікроскопічних грибів проводили в чашках Петрі на середовищі Чапека-Докса [21].

4. 5. Методи визначення протимікробної дії експериментальної суміші сухих компонентів для дезінфекції

Суміш для дезінфекції засипали в лунки в чашках Петрі на МПА з виділеними штамми мікроорганізмів у свинарських приміщеннях. Вирощування бактерій та грибів проводили з урахуванням культуральних особливостей мікроорганізмів. Через 48 діб визначали зони затримки росту мікроорганізмів навколо лунок з дезінфікуючою сумішшю [22].

5. Результати дослідження бетонних підлог та використання експериментальної сухої суміші для дезінфекції у свинарнику

5. 1. Результати визначення причин корозії бетонних підлог у приміщенні свинарника

У приміщенні бетон просочений фекальними масами та сечею, в яких міститься значна кількість природних карбонатної H_2CO_3 та сульфатної H_2SO_4

кислот. Крім того, мікроорганізми та дезінфектанти складають агресивне середовище, яке руйнує бетонні конструкції, особливо підлогу. У зв'язку із сформованими специфічними умовами на поверхні бетонних конструкцій були виділені ряд мікроорганізмів (табл. 1). Однак бактеріальну біоплівку на поверхні бетонної підлоги утворювали *Acidithiobacillus thiooxidans* (рис. 1, а) та *Aspergillus fumigatus* (рис. 1, б).

Проведені дослідження зразків бетонної підлоги методом TPD MS підтверджують наявність зміни хімічного складу бетону під впливом біологічної та хімічної корозії тваринницьких господарств (рис. 3).

Експериментально визначено, що на графіку контрольний зразок при нагріванні до 580 °С має чіткий пік з інтенсивністю 0,40. Зразок бетонної підлоги отриманої з поверхні не виділяв при нагріванні CO₂. Результат вказує на деструкцію поверхневого шару бетону (рис. 2, а, б) та зміну хімічного складу бетону. Крім того, зразок бетону, отриманий з глибини 1 см від поверхні, виділяє діоксид вуглецю з інтенсивністю 0,25 при температурі 500 °С і утворює пік. Таким чином, можна припустити, що руйнація поверхні бетону до 1 см при тривалій експлуатації приміщення викликана впливом хімічних чинників (дезінфектанти та гній) та біологічних (продукти життєдіяльності бактерій та мікроміцетів).

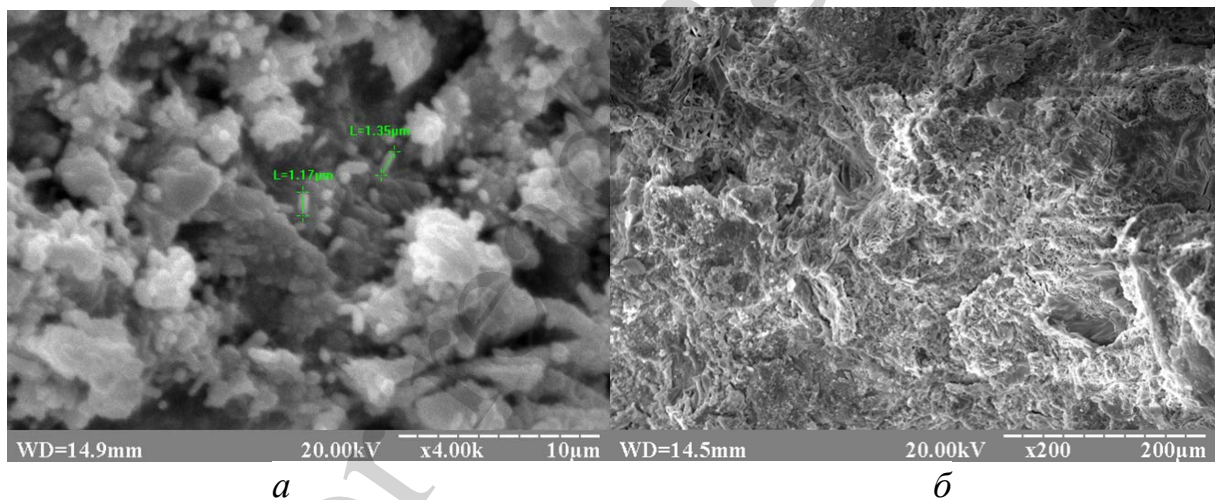


Рис. 1. Растрове електронно-мікроскопічне зображення біоплівки на бетоні мікроорганізмів: а – *Acidithiobacillus thiooxidans*; б – *Aspergillus fumigatus*

Відсутність у дослідних зразках бетону з поверхні діоксиду вуглецю пов'язана з ростом мікроскопічних грибів *Aspergillus* (рис. 1, б). Гриби бактерії використовують в процесі метаболізму синтезують органічні кислоти, які взаємодіють з CO₂. В результаті реакції утворюються характерні кристали цитрату кальцію (рис. 2, а).

При нагріванні зразків бетону також фіксували інтенсивність та температуру виділення води (рис. 3, б). В результаті проведеного дослідження отримали підтвердження, що при 100 °С з інтенсивністю 0,8 зі зразка з поверхні дослідного приміщення випаровувалась H₂O. Такий результат отримали через руйнацію поверхні та постійну наявність вологи. З контрольного зразка та з

глибини 1 см волога випаровувалась тривалий час при температурі від 100 до 800 °С з незначною інтенсивністю. Чіткого піку на термограмі не спостерігали.

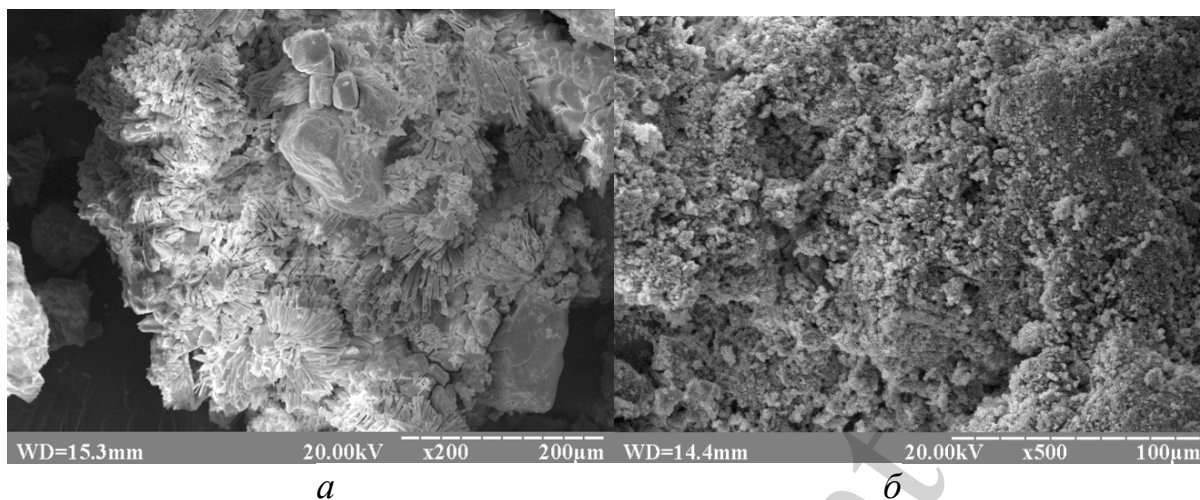
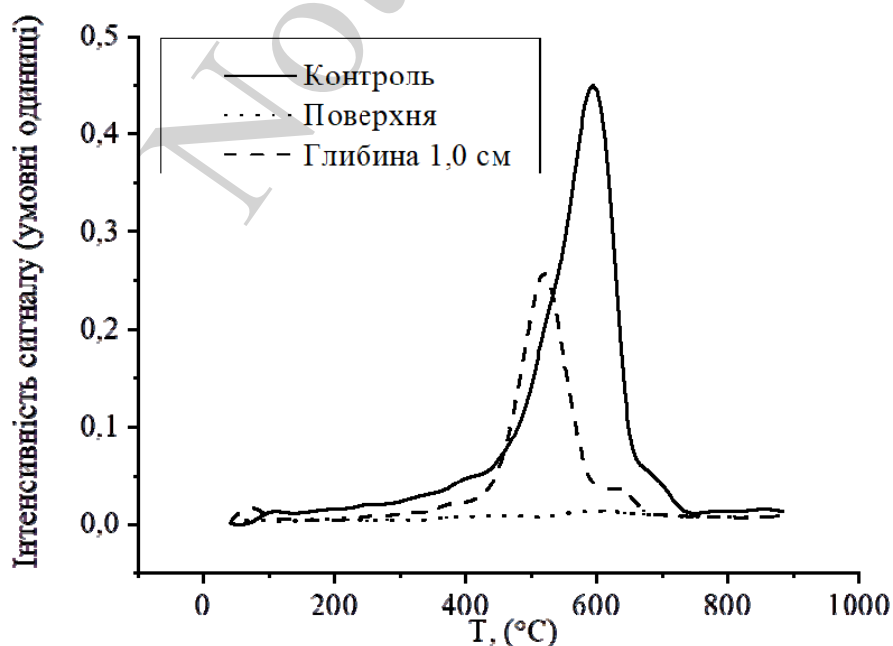
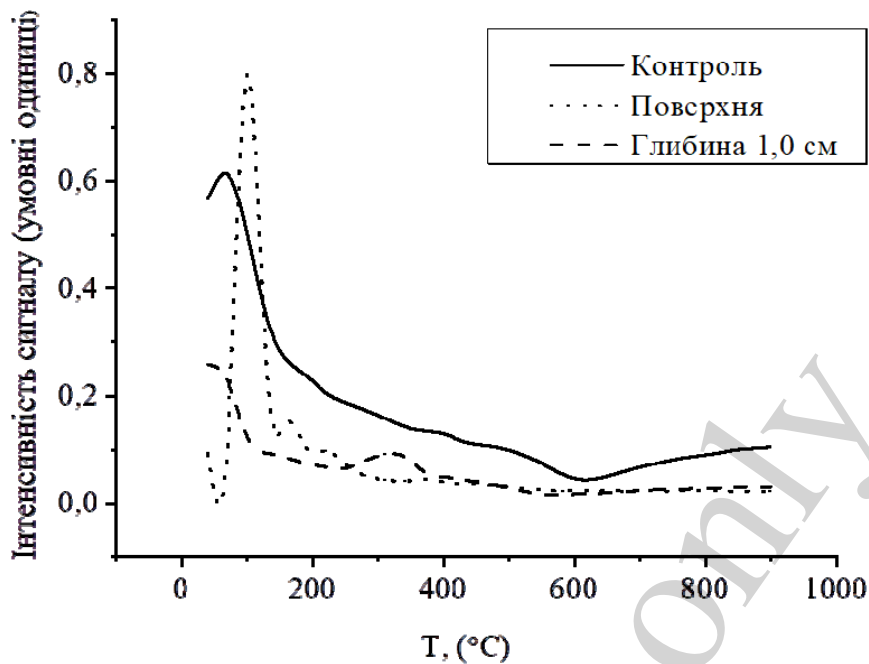


Рис. 2. Растрове електронно-мікроскопічне зображення: *a* – утворення кальцитів під дією мікроміцетів; *б* – деструкція поверхневого шару бетону під впливом хімічної та біологічної корозії

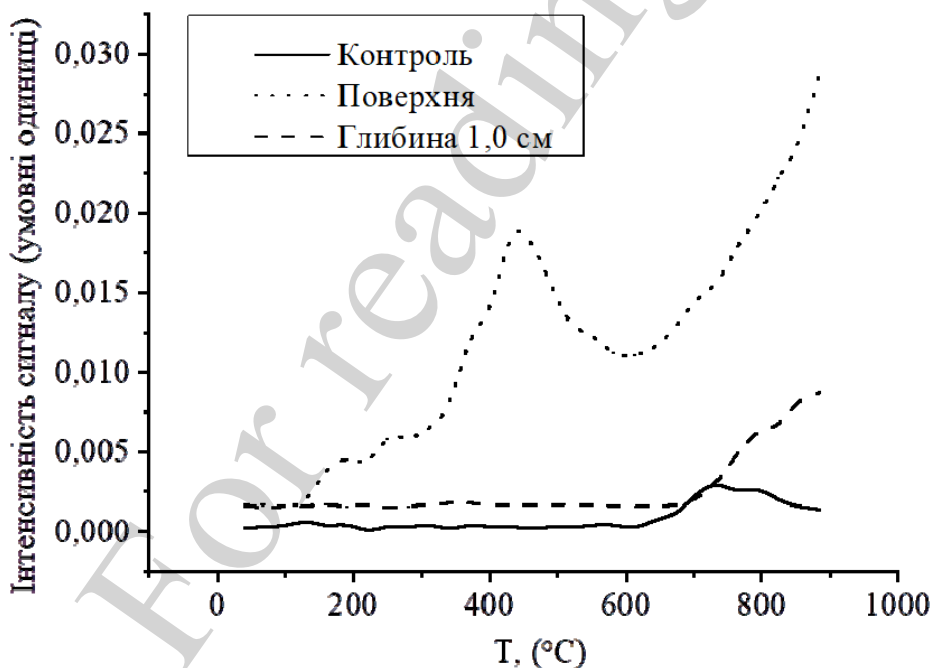
Найменше піддались руйнації та хімічній деструкції зразки з контрольного приміщення та з дослідного з глибини 1 см. На це вказують отримані результати руйнації при нагріванні вказаних об'єктів тривалий час навіть при температурі до 800 °С. Крім того, у контрольному зразку бетону та дослідному з глибини 1 см при нагріванні оксиду сірки не виділяється (рис. 3, *в*). Однак у зразках з поверхні SO виділяється з інтенсивністю 0,02 при температурі 450 °С і формує чіткий пік.



a



б



в

Рис. 3. Термограми виділення зі зразків бетону у приміщенні свинарника: а – CO_2 (m/z 44); б – H_2O (m/z 18); в – SO (m/z 48)

Зміна хімічного складу бетону на поверхні підлоги свинарника підтверджує наявність природної сульфатної кислоти, яка утворюється з фекальних мас тварин. Оскільки цей процес постійний і тривалий, то тіонові бактерії (*Acidithiobacillus thiooxidans*), які використовують сірку для свого

метаболізму, дисимілюють бетон (рис. 1). Деструкцію поверхневого шару бетону добре видно при проведенні електронної мікроскопії (рис. 4). При сильній руйнації бетону наявність тріщин та лагун видно неозброєним оком.

В результаті проведених досліджень доведено, що тривала експлуатація свинарських будівель приводить до руйнації поверхневого шару бетонної підлоги в результаті впливу хімічної та мікробної корозії.

5. 2. Результати дослідження протимікробної активності експериментальної сухої суміші для дезінфекції

У тваринницьких приміщеннях накопичується велика кількість мікроорганізмів в результаті тривалої експлуатації. Для визначення чутливості виділених із свинарських приміщень ізольованих штамів мікроорганізмів до експериментальної сухої суміші для дезінфекції проводили змиви з поверхні бетону. Потім методом дисків ставили дослід у чашках Петрі для визначення розміру зони затримки росту (табл. 1).

Таблиця 1

Чутливість мікроорганізмів до експериментальної сухої суміші для дезінфекції ($M \pm m$)

Культура	Кількість колоній	зона затримки росту, мм
<i>S. aureus</i>	$n=10$	$6,22 \pm 0,12$
<i>E. coli</i>	$n=9$	$10,12 \pm 0,15$
<i>S. enteritidis</i>	$n=8$	$9,43 \pm 0,25$
<i>S. choleraesuis</i>	$n=8$	$10,04 \pm 0,18$
<i>C. perfringens</i>	$n=10$	$11,09 \pm 0,14$
<i>A. thiooxidans</i>	$n=9$	$9,55 \pm 0,27$
<i>Aspergillus</i>	$n=12$	$8,38 \pm 0,30$
<i>Cladosporium</i>	$n=10$	$7,52 \pm 0,18$
<i>Fusarium</i>	$n=8$	$5,65 \pm 0,22$

Примітка: * – $p \leq 0,05$ порівняно з найменшою концентрацією.

За результатами проведеного експерименту було встановлено, що експериментальна суміш для дезінфекції проявляє антимікробні властивості стосовно всіх виділених штамів польових ізолятів бактерій та грибів. Отримані результати дають підставу для подальшого його випробування у виробничих умовах.

5. 3. Результати дослідження мікроклімату в приміщенні для утримання поросят

Визначення параметрів мікроклімату проводили у цеху для дорощування поросят. Це приміщення було вибрано через високу щільність посадки тварин по 10–12 поросят у станку. У контрольному приміщенні дезінфекцію було проведено 2 % натром їдким, у дослідному використовували суху суміші для дезінфекції 50–100 г/м² (табл. 2).

Таблиця 2

Параметри мікроклімату в свинарнику при використанні експериментальної сухої суміші для дезінфекції, ($M \pm m$, $n=10$)

Показники	Контрольне приміщення		Дослідне приміщення	
	одразу після дезінфекції	через 3 доби	одразу після дезінфекції	через 3 доби
$t, ^\circ\text{C}$	18,65±0,23	18,12±0,30	18,15±0,37	18,33±0,22
Відносна вологість, %	72,53±0,12	70,28±0,16	72,30±0,32	43,20±0,21*
CO ₂ , %	0,14±0,03	0,16±0,02	0,15±0,02	0,15±0,04
амоніак (NH ₃), мг/м ³	19,24±1,10	19,45±1,12	19,34±1,09	10,35±1,22*
сірководень, (H ₂ S) мг/м ³	11,20±0,20	12,50±1,15	11,37±1,23	5,27±1,18*
Загальна мікробна забрудненість, тис. КУО/м ³	0	100,3±5,23	0	25,3±3,42*

Примітка: * – $p \leq 0,05$ порівняно із контрольним приміщенням

В результаті проведеного експерименту встановлено, що температурний показник та концентрація вуглекислого газу у повітрі приміщення для утримання свиней були однакові. Відносна вологість у дослідному приміщенні на третю добу експерименту була менше на 38,5 %, порівняно до контрольного приміщення. Такі гази як амоніак та сірководень входять до складу природних випорожнень тварин (сеча та факельні маси) тому їх концентрація залежить від кількості тварин у приміщенні та швидкості видалення гною. Крім того, бетонна підлога як губка поглинає в себе достатню кількість вологи та сечі, якщо він не захищений дезінфектантами або підстилкою.

Використання експериментальної сухої суміші для дезінфекції у дослідному приміщенні на третю добу експерименту зменшило концентрацію амоніаку на 46,2 % та сірководню на 57,8 %, в порівнянні до контролю. На загальну мікробну забрудненість в приміщенні впливає кількість тварин, спосіб вентиляції та санітарний стан. У дослідному та контрольному приміщенні умови утримання для тварин були створені однакові. Різниця була лише в використаному засобі для дезінфекції.

За результатами проведеного дослідження було зафіксовано зменшення кількості мікробних тіл у дослідному приміщенні на 74,7 %, порівняно до контрольного приміщення.

Встановлено за результатами експерименту, що запропонована суха суміш для дезінфекції зменшує вологу у приміщенні, мікробну забрудненість та концентрацію газів: амоніаку та сірководню.

6. Обговорення результатів дослідження біохімічної корозії бетону

За результатами проведених досліджень встановлено причини виникнення агресивного середовища у приміщенні свинарника. При дослідженні мікроклімату у цеху для дорощування свиней була виявлена підвищена вологість на 38,5 %, амоніаку – на 46,2 % та сірководню – на 57,8 % (табл. 2), у

контрольному приміщенні. Підвищена вологість та оптимальна температура створюють сприятливі умови для росту та розвитку мікроорганізмів. У свинарнику були виділені групи бактерій та грибів гетеротрофів, які не проявляють великої агресії до бетону: *S. aureus*, *E. coli*, *S. enteritidis*, *S. Choleraesuis*, *C. Perfringen* (табл. 1) [23].

Небажаний корозійний ефект виникає при наявності високих концентрацій H_2S та NH_3 , які створюють умови для розвитку тіонових бактерій *A. Thiooxidans* (табл. 2). Мікроорганізми створюють біоплівку на поверхні бетонної підлоги (рис.1, а). Крім того, *A. Thiooxidans* [24] в процесі метаболізму після десиміляції бетону руйнують його структуру (рис. 2, а), змінюючи його хімічний склад. У зразках з поверхні SO виділяється з інтенсивністю 0,02 при температурі 450 °C (рис. 3, в).

Також з поверхні бетону приміщень свинарнику були виділені мікроміцети роду *Cladosporium*, *Fusariums*, *Aspergillus* (рис.1, б), які здатні колонізувати бетон та призвести до деструкції. Також дослідженнями доведено, що мікроміцети використовують карбонатні сполуки в бетоні в процесі його асиміляції [25]. В результаті реакції утворюються характерні кристали цитрату кальцію (рис. 1, б). На термограмі (рис. 3, а) спостерігаємо відсутність виділення CO_2 із зразка бетонної підлоги отриманої з поверхні.

Тривале використання концентрованих дезінфікуючих засобів агресивно діють на бетон, такі як соляна кислота, формалін, гашене вапно, кальцинована сода і викликають його корозію [26]. Проведеними дослідженнями встановлено ефективність використання експериментальної сухої суміші для дезінфекції з метою захисту поверхневого шару бетону від руйнуючого впливу вологи, фекальних мас (табл. 2) та мікроорганізмів (табл. 1). Крім того, органічні кислоти, амоніак, сульфати, які містяться у природних випорожненнях тварин збільшують швидкість набухання бетону, прискорюють процес розчинення та розм'якшення бетонних конструкцій, особливо підлоги [27].

Гігроскопічна дія експериментальної сухої суміші для дезінфекції обумовлена присутністю в його складі цеолітів, а протимікробна – комплексом хімічних компонентів (хлорамін; тимол; міді сульфат; заліза сульфат; кальцію сульфату дигідрат; каолін). Всі компоненти експериментальної сухої суміші для дезінфекції не активні в сухому вигляді. При контакті з бактеріями та вологою запускається процес руйнування мікробних клітин та органічних біоплівок. Як було відмічено раніше, всі складники експериментальної сухої суміші для дезінфекції мають різний спектр протимікробної активності і при їх поєднанні виникає синергетичний ефект.

На фермі по вирощуванню свиней були досліджені та проаналізовані специфічні умови, а саме мікроклімат приміщень, склад мікроорганізмів та вживані дезінфікуючі засоби. Дослідження не можна вважати абсолютно вірним через обмеження дослідного матеріалу, так як на інших фермах строк експлуатації приміщення, умови утримання тварин, мікрофлора та дезінфектанти можуть відрізнятись. Однак цей експеримент дає інформацію про руйнуючу дію хімічної та мікробної корозії бетонних підлог у свинарських господарствах. Також отриманий запропонований новий ефективний спосіб

зменшити корозійний вплив середовища свинарника на бетон за рахунок використання експериментальної сухої суміші для дезінфекції.

Напрямом подальших досліджень є розробка дезінфікуючих засобів для бетону в умовах тваринницьких господарств з перспективою утворення захисної плівки.

7. Висновки

1. Експериментально доведено наявність у середовищі свинарника мікробної корозії за рахунок неагресивних: *S. aureus*, *E. coli*, *S. enteritidis*, *S. Choleraesuis*, *C. Perfringen* та агресивних до бетону: бактерій – *A. Thiooxidans* та мікроміцетів – *Cladosporium*, *Fusariums*, *Aspergillus*. Також встановлений факт негативного впливу вживаних дезінфікуючих засобів на структуру бетону.

2. Дослідженнями доведено, що експериментальна суха суміш для дезінфекції проявляє протимікробні властивості в різному ступені до виділених у свинарському господарстві штамів польових ізолятів бактерій та грибів.

3. Встановлено, що при застосуванні експериментальної сухої суміші для дезінфекції у дослідному приміщенні свинарника зменшується відносна вологість на 38,5 %; вміст амоніаку – на 46,2 %; сірководню – на 57,8 %; мікробних тіл – на 74,7 %, порівняно до контрольного приміщення.

Подяка

Висловлюємо подяку за підтримку у проведенні дослідженні голові правління ТзОВ «Бровафарма» д. вен. н, професору А. В. Березовському. Проведені дослідження були виконані в рамках НДДКР(0121U109563) «Науково-обгрунтована концепція профілактики епідеміологічнозначимих бактеріальних хвороб тварин на основі використання інноваційних технологій» (Scientifically substantiated concept of prevention of epidemiologically significant bacterial diseases of animals on the basis of use of innovative technologies).

Література

1. Qiu, L., Dong, S., Ashour, A., Han, B. (2020). Antimicrobial concrete for smart and durable infrastructures: A review. *Construction and Building Materials*, 260, 120456. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120456>
2. Noeiaghaei, T., Mukherjee, A., Dhami, N., Chae, S.-R. (2017). Biogenic deterioration of concrete and its mitigation technologies. *Construction and Building Materials*, 149, 575–586. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.05.144>
3. Wang, J., Shen, J., Ye, D., Yan, X., Zhang, Y., Yang, W. et. al. (2020). Disinfection technology of hospital wastes and wastewater: Suggestions for disinfection strategy during coronavirus Disease 2019 (COVID-19) pandemic in China. *Environmental Pollution*, 262, 114665. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114665>
4. Assaad Abdelmsee, V., Jofriet, J., Hayward, G. (2008). Sulphate and sulphide corrosion in livestock buildings, Part I: Concrete deterioration. *Biosystems Engineering*, 99 (3), 372–381. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2007.11.002>
5. Shkromada, O., Paliy, A., Yurchenko, O., Khobot, N., Pikhtirova, A.,

Vysochin, I. et. al. (2020). Influence of fine additives and surfactants on the strength and permeability degree of concrete. *EUREKA: Physics and Engineering*, 2, 19–29. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001178>

6. Johnson, T., Brineman, R., Schultze, C., Barkovskii, A. L. (2020). Efficient removal of bacteria from aqueous media with kaolinite and diatomaceous earth products. *Journal of Applied Microbiology*, 129 (3), 466–473. doi: <https://doi.org/10.1111/jam.14642>

7. Pereira, M. O., Vieira, M. J., Melo, L. F. (2002). The Role of Kaolin Particles in the Performance of a Carbamate-Based Biocide for Water Bacterial Control. *Water Environment Research*, 74 (3), 235–241. doi: <https://doi.org/10.2175/106143002x139956>

8. Douglas Hooton, R. (2019). Future directions for design, specification, testing, and construction of durable concrete structures. *Cement and Concrete Research*, 124, 105827. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2019.105827>

9. Shkromada, O., Paliy, A., Nechyporenko, O., Naumenko, O., Nechyporenko, V., Burlaka, O. et. al. (2019). Improvement of functional performance of concrete in livestock buildings through the use of complex admixtures. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (6 (101)), 14–23. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.179177>

10. Maraveas, C. (2020). Durability Issues and Corrosion of Structural Materials and Systems in Farm Environment. *Applied Sciences*, 10 (3), 990. doi: <https://doi.org/10.3390/app10030990>

11. Veras, H. N. H., Rodrigues, F. F. G., Botelho, M. A., Menezes, I. R. A., Coutinho, H. D. M., da Costa, J. G. M. (2014). Antimicrobial Effect of *Lippia sidoides* and Thymol on *Enterococcus faecalis* Biofilm of the Bacterium Isolated from Root Canals. *The Scientific World Journal*, 2014, 1–5. doi: <https://doi.org/10.1155/2014/471580>

12. Pilotto, F., Rodrigues, L., Santos, L., Klein, W., Colussi, F., Nascimento, V. (2007). Antibacterial efficacy of commercial disinfectants on dirt floor used in poultry breeder houses. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 9 (2), 127–131. doi: <https://doi.org/10.1590/s1516-635x2007000200009>

13. Di Gregorio, M. C., Neeff, D. V. de, Jager, A. V., Corassin, C. H., Carão, Á. C. de P., Albuquerque, R. de et. al. (2014). Mineral adsorbents for prevention of mycotoxins in animal feeds. *Toxin Reviews*, 33 (3), 125–135. doi: <https://doi.org/10.3109/15569543.2014.905604>

14. Hassan, Y. I., Lahaye, L., Gong, M. M., Peng, J., Gong, J., Liu, S. et. al. (2018). Innovative drugs, chemicals, and enzymes within the animal production chain. *Veterinary Research*, 49 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s13567-018-0559-1>

15. Čolović, R., Puvača, N., Cheli, F., Avantaggiato, G., Greco, D., Đuragić, O. et. al. (2019). Decontamination of Mycotoxin-Contaminated Feedstuffs and Compound Feed. *Toxins*, 11 (11), 617. doi: <https://doi.org/10.3390/toxins11110617>

16. Benhalima, L., Amri, S., Bensouilah, M., Ouzrout, R. (2019). Antibacterial effect of copper sulfate against multi-drug resistant nosocomial pathogens isolated from clinical samples. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 35 (5). doi: <https://doi.org/10.12669/pjms.35.5.336>

17. Zhao, T., Zhao, P., West, J. W., Bernard, J. K., Cross, H. G., Doyle, M. P. (2006). Inactivation of Enterohemorrhagic *Escherichia coli* in Rumen Content- or Feces-Contaminated Drinking Water for Cattle. *Applied and Environmental Microbiology*, 72 (5), 3268–3273. doi: <https://doi.org/10.1128/aem.72.5.3268-3273.2006>
18. Pokrovskiy, V. A. (2000). Temperature-programmed Desorption Mass Spectrometry. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 62, 407–415. doi: <https://doi.org/10.1023/A:1010177813557>
19. Wasik, A. (2007). *Electron Microscopy: Methods and Protocols*, by J. Kuo, ed. Humana Press 2007. 608 pp. ISSN 1064-3745. *Acta Biochimica Polonica*, 54 (4), 887–888. URL: <https://ojs.ptbioch.edu.pl/index.php/abp/article/view/5078/4128>
20. Ettenauer, J. D. (2010). Culture dependent and -independent identification of microorganisms on monuments. University of Vienna. doi: <https://doi.org/10.25365/thesis.9752>
21. Nieminen, S. M., Kärki, R., Auriola, S., Toivola, M., Laatsch, H., Laatikainen, R. et. al. (2002). Isolation and Identification of *Aspergillus fumigatus* Mycotoxins on Growth Medium and Some Building Materials. *Applied and Environmental Microbiology*, 68 (10), 4871–4875. doi: <https://doi.org/10.1128/aem.68.10.4871-4875.2002>
22. Balouiri, M., Sadiki, M., Ibnsouda, S. K. (2016). Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 6 (2), 71–79. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpha.2015.11.005>
23. Bertron, A., Peyre Lavigne, M., Patapy, C., Erable, B. (2017). Biodeterioration of concrete in agricultural, agro-food and biogas plants: state of the art and challenges. *RILEM Technical Letters*, 2, 83–89. doi: <https://doi.org/10.21809/rilemtechlett.2017.42>
24. Hong, M., Jang, I., Son, Y., Yi, C., Park, W. (2021). Agricultural by-products and oyster shell as alternative nutrient sources for microbial sealing of early age cracks in mortar. *AMB Express*, 11 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s13568-020-01166-5>
25. Shkromada, O., Ivchenko, V., Chivanov, V., Tsyhanenko, L., Tsyhanenko, H., Moskalenko, V. et. al. (2021). Defining patterns in the influence exerted by the interrelated biochemical corrosion on concrete building structures under the conditions of a chemical enterprise. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (6 (110)), 52–60. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.226587>
26. Strokova, V., Nelyubova, V., Rykunova, M., Dukhanina, U. (2019). Strength and structure of cement stone exposed to domestic chicken coop. *Journal of Physics: Conference Series*, 1145, 012015. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1145/1/012015>
27. Huber, B., Hilbig, H., Drewes, J. E., Müller, E. (2017). Evaluation of concrete corrosion after short- and long-term exposure to chemically and microbially generated sulfuric acid. *Cement and Concrete Research*, 94, 36–48. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2017.01.005>