

О.В. Саввова, Г.К. Воронов, О.І. Фесенко, Ю.О. Афанасенко

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

РОЗРОБКА МЕТОДОЛОГІЧНОГО ПІДХОДУ ПРИ РОЗРОБЦІ БАКТЕРИЦИДНИХ ПОЛИВ ДЛЯ КЕРАМІЧНИХ ПЛИТОК

В статті наведено аналіз ефективних методів забезпечення захисту навколишнього середовища від мікробного навантаження шляхом створення екологічно безпечних бактерицидних керамічних матеріалів. Визначена ефективність використання оксидів важких металів як бактерицидних агентів у складі полив для керамічних плиток. Розроблено методологічний підхід, який дозволяє одержати бактерицидні поливи для керамічних плиток з пролонгованою дією в умовах епідеміологічної загрози.

Ключові слова: поливи, керамічні матеріали, бактерицидні агенти, патогенні мікроорганізми.

Постановка проблеми

На сьогоднішній день суттєвою проблемою людства є розповсюдження патогенних мікроорганізмів і вірусів, які підлягають мутаціям, в результаті чого втрачають чутливість до дії широкого спектру противірусних та протимікробних препаратів [1].

З урахуванням поширення епідемій різної етіології антибактеріального захисту потребують місця громадського користування – лікарні (операційні та реанімаційні блоки, пологові та інфекційні відділення, медичні та фармацевтичні лабораторії), громадські їдальні (харчоблоки), метро (стіни приміщень та архітектурно-будівельні деталі станцій), приміщення санітарно-побутового обслуговування (умивальні, душові, санвузли, кімнати особистої гігієни), приміщення культурного обслуговування та адміністрування (зали загальних зборів, адміністративні кабінети).

Тому важливим напрямком розвитку методів боротьби з патогенними бактеріями та вірусами є створення ефективних засобів їх пригнічення, які дозволять забезпечити довготривалий антибактеріальний захист.

В залежності від декоративного та функціонально призначення традиційно для оздоблення та санітарно-гігієнічного захисту приміщень використовується керамічна плитка, яка характеризується високими експлуатаційними властивостями, однак не виявляє антибактеріальних властивостей відносно широкого спектру патогенних мікроорганізмів. У зв'язку з цим, необхідно є розробка бактерицидних полив для кераміки та пошук альтернативних антимікробних агентів, які характеризуються високою бактерицидною та фунгіцидною активністю по відношенню до широкого спектру патогенних

мікроорганізмів та грибів, та не мають побічної негативної дії на живі організми.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

На сьогодні головним засобом боротьби із біоураженнями є обробка керамічних матеріалів та покриттів біоцидвмісними препаратами [2]. Огляд науково-технічної літератури та патентні дослідження показали, що найбільш ефективними є полімерні антимікробні препарати, а саме сполуки, що містять у своїй структурі вільний азот. Підвищення фунгіцидної стійкості будівельних матеріалів на основі газосилікату [3] може бути реалізовано шляхом їх просочення або обробки поверхні рідинами з біоцидними добавками, які містять гуанідин («Тефлекс») [4]. Хоча гуанідин є нетоксичним для людини і характеризується практичною відсутністю корозійної активності стосовно більшості матеріалів його використання обмежується необхідністю повторної обробки матеріалів та налипанням на поверхні, які ним обробляються.

Підвищення біологічної стійкості фасадних матеріалів може бути реалізовано шляхом видалення вологи з їх поверхні за рахунок регулювання її властивостей (змочування, шорсткості), зокрема забезпечення низького водопоглинання матеріалів, при підвищенні ступеня спікання маси [5]. Ефективність даного методу забезпечується зниженням інтенсивності прикріплення міцеліальних грибів в порах керамічних матеріалів. Однак іммобілізація патогенних мікроорганізмів до поверхні скломатеріалів, зокрема полив, з низьким рівнем шорсткості змочувальною та здатністю реалізується шляхом ковалентного зв'язування ферменту з матеріалом. Так, найбільш характерною ознакою *Escherichia coli* (*E.coli*), яка є однією з найбільш

поширених бактерій, є її здатність ферментувати лактозу. Відомо, що у якості адсорбентів ферментів використовують скло, силікагель та гідроксиапатити [6]. Також важливим показником взаємодії бактерій на поверхні стекол є формування біоплівки, які знижують чутливість мікроорганізмів до антибактеріальних агентів.

Компанією *Biocera* (США) розроблено антибактеріальні керамічні порошки на основі фосфатів кальцію, глинозему та кварцу з іонами аргентуму [7]. Продукт має свідоцтво безпеки FDA, як нетоксичний матеріал, характеризується високим антибактеріальним ефектом (99 %) та пролонгованою дією, оскільки стабілізований при високій температурі.

Бактерицидні поливи для керамічних плиток здатні забезпечувати надійний довгостроковий антибактеріальний захист, попереджати розвиток інфекційних захворювань, що в цілому сприятиме підвищенню ступеня санітарного обслуговування населення, а також значно знизити кошти необхідні для стерилізації та дезінфекції об'єктів життєдіяльності людини. Проведений аналіз зарубіжних літературних та патентних даних показав, що найбільш відомим способом досягнення антибактеріального ефекту скломатеріалів, зокрема, керамічної плитки, яка вкрита антибактеріальною поливою, є використання властивостей іонів аргентуму.

Так, німецька компанія *Zahna Fliesen GmbH* [8] пропонує високоякісні та естетичні керамічні плитки *Silverzanit®*, які оброблені антибактеріальною поливою. Антибактеріальна кераміка *Silverzanit®* активно запобігає забрудненню плитки бактеріями та знижує ризик мікробного забруднення для всього навколишнього середовища. Антибактеріальна кераміка *Silverzanit®* запобігає розвитку чотирьох найважливіших штамів мікроорганізмів *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Candida albicans* та *Pseudomonas aeruginosa* із гарантованою надійністю 99,9 %.

Японською компанією *Sumitomo Osaka Cement Co., Ltd.* [9] розроблено антибактеріальні добавки, які здатна надавати антибактеріальні властивості цементам та гончарним виробам, таким як сантехніка та плитка. Розроблена добавка AM15 складається з неорганічної композиції, яка також включає сполуку аргентуму.

Одним з інноваційних підходів одночасного поліпшення механічних властивостей та корозійної стійкості кераміки є додавання наноматеріалів до поливи. Авторами [10] було досліджено характеристики анатазу, який було змішано з поливою та нанесено на керамічну плитку методом занурення. Нанорозмірні кристали анатазу, у порівнянні з кристалами мікронного розміру,

проявляють у декілька разів вищі антибактеріальні властивості за рахунок більшої реакційної здатності. Авторами [11] досліджено вплив нанорозмірних композицій Ag / ZnO на твердість, білизну та структуру поливи. Результати показали, що наноккомпозит Ag / ZnO суттєво підвищує експлуатаційні властивості поливи та визначає їх бактерицидну дію.

Втім дослідження впливу аргентуму на живі організми неоднозначно вказують на наявність для нього кумулятивного ефекту, який полягає в ускладненому виведенні цього елемента з організму навіть при невеликих концентраціях. Крім цього, аргентум виявляє вибірккову активність по відношенню до збудників різних хвороб. Використання анатазу як бактерицидного агента є ефективним лише при забезпеченні можливості протікання процесу фотокаталізу на поверхні матеріалу [12]. Авторами [13] встановлено, що для надання бактерицидних властивостей скломатеріалам та покриття з одночасним захистом їх від біокорозії ефективним є застосування комбінованих активних наповнювачів біоцидних агентів, у тому числі оксидів цинку та стануму.

У зв'язку з відсутністю даних про можливість експлуатації керамічних виробів у зонах високого ризику зараження патогенними мікроорганізмами необхідною є розробка ресурсних бактерицидних склакомпозиційних полив по кераміці з пролонгованою дією та використанням недорогих та екологічно безпечних біоцидів у їх складі.

Метою є розробка методологічного підходу при одержанні бактерицидних полив для керамічної плитки.

Виклад основного матеріалу

Ефективним рішенням захисту біоти від патогенних мікроорганізмів є розробка та впровадження ковалентно зв'язаних нетоксичних антибактеріальних керамічних порошків, які знайшли широке застосування як інгібуючі компоненти у складі різних видів матеріалів. Перспективність використання антибактеріальних керамічних порошків як біоцидних агентів визначається їх екологічністю та виключною довготривалою дією відносно широкого спектру патогенних мікроорганізмів.

Методологічний підхід розробки бактерицидних склопокріттів, зокрема полив, включає: вибір бактерицидних агентів та скломатриці; комплексну оцінку фізико-хімічних властивостей, експлуатаційних характеристик і структури полив із застосуванням стандартних методів; аналіз стандартів мікробіологічної оцінки ефективності інгібуючої дії бактерицидних склопокріттів.

Методи оцінки бактерицидної дії повинні бути адаптовані відповідно до умов експлуатації склопокриттів згідно з діючими санітарними нормами [15]. Враховуючи, що керамічні плити знаходять використання в приміщенні санітарно-побутового обслуговування освітніх, медичних закладів, необхідним є встановлення кількості колоній утворюючих організмів (КУО) культури *E. Coli* в водяному середовищі, у змивах з поверхонь та повітрі. При встановленні меж припустимих значень КУО/г мікроорганізмів також необхідно враховувати склад кишкової мікрофлори людини.

Для моделювання інфекційного зараження склопокриттів рекомендовано використання якісного дифузійного методу для мігруючих сполук та кількісні методи (аерозольний чи лічильний) для ковалентно зафіксованих біоцидних препаратів з показником КУО мікроорганізмів $10^3 \div 10^7$ кл/мл, у тому числі, при перевищенні епідемічного порогу.

Для оцінки антибактеріальної дії склопокриттів на першому етапі ефективним є використання якісного методу дослідження біоцидних властивостей за МУ 2.1.674-97 [14], який застосовується, зокрема, для будівельних матеріалів. Визначення біоцидних властивостей дифузійним методом, є показовим і може бути застосоване для первинної оцінки антибактеріальних властивостей матеріалу. Але, оскільки даний метод використовується для мігруючих сполук, він не відображає повної картини досліджень. Тому необхідним є також вивчення антибактеріальних властивостей склопокриттів кількісним методом в рідкому середовищі (аерозольним та лічильним), яке є більш реакційно здатним по відношенню до склопокриттів. Особливо важливим є використання кількісного методу при перевищенні епідеміологічного порогу КУО більше 10^3 кл/мл.

Існуючі стандарти щодо визначення біоцидних властивостей різних видів матеріалів кількісним методом не є ефективними для оцінки склопокриттів. Слід зазначити, що стандартизовані методики визначення біозахисних властивостей матеріалів мають певні обмеження. По-перше, вони передбачають визначення показників для мікроорганізмів після 24 годин після біоураження, що характеризує короточасний біоцидний ефект. Це не дає можливості оцінити динаміку змін біозахисних властивостей покриттів. Втім такі дані є вельми цінною інформацією, оскільки дозволяють прогнозувати термін ефективної біоцидної дії матеріалів.

Оскільки біоцидні скломатеріали мають значні відмінності від матеріалів органічної природи, необхідним є розробка методологічних принципів оцінки біоцидної дії бактерицидних склопокриттів по кераміці з урахуванням їх силікатної природи,

ковалентного типу зв'язку елементів в їх структурі, вимог до технологічних властивостей, а також жорстких умов експлуатації бактерицидних склопокриттів.

У відповідності до світових стандартів параметри експлуатаційних властивостей біоцидних покриттів, повинні відповідати наступним вимогам:

1) незмінними експлуатаційними властивостями матеріалів з урахуванням їх призначення [16];

2) пролонгований бактерицидний ефект по відношенню патогенних мікроорганізмів:

- біоцидний ефект (від 10 % знищення мікробів після 24 годин витримки) згідно ГОСТ 9.049-91 [17];

- біостатичний ефект уповільнення росту мікробів після 24 годинної витримки на $1 \div 10$ %) по ASTM Standards Designation: E 2149-01 та E 2196-02 [18, 19].

До сучасних біоцидів пред'являють наступні вимоги [20]:

1) висока активність відносно шкідливих біофакторів – антибактеріальні властивості та/або біостатичність порошку;

2) безпека у використанні;

3) гігієнічність (відсутність негативного впливу на навколишнє середовище: препарати повинні бути малотоксичними для тварин і людини, не накопичуватися в навколишньому середовищі, не бути алергенами);

4) доступність і невисока вартість;

5) інертність (відсутність впливу на фізико-хімічні, механічні та інші властивості матеріалів).

За біоцидною дією порошки поділяють на:

1) порошки зі слабкою дією ($1 \div 20$ % затримки росту КУО відносно росту біофактору, зона затримки росту $10 \div 15$ мм);

2) порошки з середньою дією ($20 \div 50$ % затримки росту КУО відносно росту біофактору, зона затримки росту $15 \div 20$ мм);

3) порошки з сильною дією ($50 \div 100$ % затримки росту КУО відносно росту біофактору, зона затримки росту більше 20 мм).

До біоцидних порошків виявляють також техніко-економічної вимог доцільності та екологічності, які пов'язані з особливостями скломатеріалу:

1) дисперсність порошку $0,1 \div 100$ мкм;

2) вміст наповнювача $1 \div 5$ мас. % на 100 мас. % фрити;

3) колір порошку в залежності від заглибленості та забарвлення склопокриття.

Вибір біоцидних агентів повинен реалізуватися з урахуванням постійно зростаючого антропогенного забруднення навколишнього середовища важкими металами, їх токсичності та впливу на живі організми. Враховуючи вище перелічені показники та можливість використання

металів у складі полив, як біоцидні компоненти ефективними є: есенціальні мікроелементи – Ca, Mg та мікроелементи – Cu, Cr, Mn, Ni, Zn, Ti, Se.

З урахуванням попередніх досліджень [11, 13] та враховуючи вимоги до біоцидних порошків, які використовуються як інгібуючі агенти в склопокриттях можуть бути рекомендовані наступні оксиди та солі металів:

1) оксиди титану, кальцію, магнію, цинку, стануму та стибію;

2) солі – титанат цинку, фосфат цинку, фосфат купруму та інші.

Для одержання біоцидних склопокриттів по кераміці скломатриця повинна відповідати комплексу наступних вимог:

1) власна бактеріостатичність, яка запезпечує неможливість розмноження на ній мікробів;

2) здатність до тонкодисперсної об'ємної кристалізації з утворенням бактерицидних агентів в умовах варки стекол та випалу покриття;

3) висока хімічна стійкість до неорганічних та органічних розчинників.

Для забезпечення комплексу вимог ефективним є введення до складу полив оксидів цинку та титану, які підсилюють кристалізаційну здатність, а також можуть виділятися зі склоподібного розплаву у вигляді ганіту, вільлеміту, титанатів цинку та поряд з забезпеченням їх бактерицидних властивостей забезпечують їх хімічну стійкість та зносостійкість. Також доцільним є введення оксиду фосфору, який у структурі склокераміки, як і склоутворюючий, так і фазоутворюючий компонент, може проявляти роль біологічного фільтру, який утримує у своїй структурі іони важких металів.

Застосування бактерицидних компонентів у складі поливи як спеціально ведених наповнювачів, так і шляхом направленої кристалізації дозволить забезпечити надійний пролонгований захист навколишнього середовища від патогенних мікроорганізмів в умовах техногенного навантаження та епідеміологічної загрози, розширити асортимент керамічних виробів і підвищити їх конкурентоспроможність.

Висновки

Визначено актуальність розробки антибактеріальних полив для керамічних плиток в аспекті підвищення соціального захисту населення та екологічної безпеки. Проаналізовано основні напрямки розробок біостійких керамічних матеріалів та основні методи забезпечення бактерицидних властивостей. Розроблено методологічні принципи розробки бактерицидних полив для керамічних плиток, які включають: вибір бактерицидних агентів та скломатриці; комплексну оцінку властивостей та структурних характеристик

та адаптацію стандартів мікробіологічної оцінки ефективності інгібуючої дії бактерицидних склопокриттів по кераміці. Використання результати роботи дозволить забезпечити ефективність проведення наукових розробок бактерицидних керамічних матеріалів з пролонгованою дією відносно патогенних мікроорганізмів в умовах техногенного навантаження.

Література

1. Savvova, O.V., & Bragina, L.L. (2010) Antibacterial composite glass coatings for protecting special-purpose steel panels. *Glass and Ceramics*, 3, 4, 123-125.
2. Лысак, В.В. *Микробиология [Текст]: учеб. пособие / В.В. Лысак. – Минск: Изд-во БГУ. 2007. 426.*
3. Ерофеев, В.Т. *Строительные материалы на основе стекла [Текст] / Ерофеев В.Т., Богатов А.Д., Богатова С.Н., Казначеев С.В. // Весник Мордовского университета. 2008. № 4. С. 70–79.*
4. Светлов, Д. А. *Биоцидные препараты на основе производных полигексаметилен-гуанидина [Текст] / Д. А. Светлов // Жизнь и безопасность. – Санкт-Петербург–2005. №3. С. 46–48.*
5. *Современные методы диагностики и технологические принципы получения биостойких керамических материалов [Текст] / Л.С. Коц, Е.Ю. Федоренко, Н.Ф. Лесных [и др.] // Вопросы химии и химической технологии, 2018. №1. С. 78–86.*
6. *Визначення активності ферментів в біологічних середовищах. Одиниці активності ферментів. Ензимопатії. Медична ензимологія : методичний посібник з дисципліни «Біологічна хімія» для викладачів [Текст]/ К. В. Александрова, О. С. Шкода, Д. А. Васильев [та ін.]. – Запоріжжя : [ЗДМУ]. 2015. 45 с.*
7. Biocera-nano-silver. <https://www.biocera.com> Retrieved from: <https://www.biocera.com/antimicrobial-biocera-nano-silver-agent>.
8. Silverzanit-Antibacterial ceramics. <https://www.zahna-fliesen.de>. Retrieved from: <https://www.zahna-fliesen.de>.
9. Advanced material. Technical Report. Properties of Antibacterial Additive for Pottery. <https://www.soc.co.jp>. Retrieved from: https://www.soc.co.jp/sumitomo_e/
10. Hasmaliza, M., Fooa, H.S., Mohd, K., Hasmaliza, M., & et al. (2016) Anatase as Antibacterial Material in Ceramic Tiles *Procedia Chemistry*, 19, 828-834.
11. Qian Zhang, Lv Si Xu, Xiaoyan Guo. (2017). Improvement of mechanical properties, microscopic structures, and antibacterial activity by Ag/ZnO nanocomposite powder for glaze-decorated ceramic. *Journal of Advanced Ceramics*, 6, 3, 269-278.
12. Savvova, O.V., & Bragina, L.L. (2010). Use of titanium dioxide for the development of antibacterial glass enamel coatings. *Glass and Ceramics*, 5, 6, 184-186.
13. Саввова, О. В. *Влияние оксидов цинка и олова на бактерицидные свойства стеклоэмалевых покрытий [Текст] / О.В. Саввова // Стекло и керамика. Москва: Ладья. 2014. №7. С 37 – 40.*
14. *Методические указания. Санитарно-гигиеническая оценка стройматериалов с добавлением промтоходов*

[Текст] : МУ 2.1.674-97. – [Действ. от 1997-08-08] – М.: Изд-во стандартов, 1998. – 20 с.

15. *Керамика тонкая (высококачественная керамика, высококачественная техническая керамика). Метод контроля антибактериальной активности полупроводниковых фотокаталитических материалов* [Текст] : ISO 27447:2009. [Действ. от 2009-06-01]. TC 206, 2009. 30 с.

16. *Плитки керамічні. Технічні умови (EN 14411:2006, NEQ)* [Текст] : ДСТУ Б В.2.7-282:2011. [Дійсн. Від від 12.06.2012]. – Національний стандарт України, 2012. 73 с.

17. *Единая система защиты от коррозии и старения. Изделия технические. Методы испытаний. Материалы полимерные и их компоненты. Методы лабораторных испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов (ИСО 846-78)* [Текст] : ГОСТ 9.049-91. [Действ. от 1992-07-01]. М.: Издательство стандартов, 1991. – 15 с.

18. Standard test method for determining the antimicrobial activity of immobilized antimicrobial agents: ASTM E2149-13a. (2001). <https://www.astm.org>. Retrieved from: <https://www.astm.org/Standards/E2149.htm>.

19. Standard test method for quantification of a Pseudomonas Aeruginosa biofilm grown with shear and continuous flow using a rotating disk reactor: ASTM E 2562-19. (2002). <https://www.astm.org>. Retrieved from: <https://www.astm.org/Standards/E2871.htm>.

20. *Пехташева, Е. А. Биоповреждения и защита непродовольственных товаров* [Текст]: учебник для студентов высших учебных заведений; под ред. А.Н.Неверова. М.: Мастерство, 2002. 224 с.

References

- Savvova, O.V., & Bragina, L.L. (2010) Antibacterial composite glass coatings for protecting special-purpose steel panels. *Glass and Ceramics*, 3, 4, 123-125.
- Lysak, V.V.(2007). *Microbiologia* [Microbiology]. Minsk: BSU [in Russian].
- Erofeev, V.T., Bogatov, A. D., Bogatova, S. N, & et.al. (2008) *Stroitel'ny'e materialy` na osnove stekla* [Glass-based building materials]. *Bulletin of the Mordovian University*, 3, 70-79 [in Russian].
- Svetlov, D.A. (2005), *Biocidny`e preparaty` na osnove proizvodny`kh poligeksameten-guanidina* [Biocidal preparations based on polyhexamethylene-guanidine derivatives]. *Zhizn` i bezopasnost` – Life and safety*, 3, 46-48 [in Russian].
- Kotz, L.S., Fedorenko, E.Yu., & Lesnykh, N.F. (2018) *Sovremenny`e metody` diagnostiki i tekhnologicheskie principy` polucheniya biostojkikh keramicheskikh materialov* [Modern diagnostic methods and technological principles for producing biostable ceramic materials]. *Voprosy` khimii i khimicheskoy tekhnologii – Chemistry and chemical technology issues*, 1, 78-86 [in Russian].
- Aleksandrova, K.V., Shkoda, O.S., & Vasilyev, D.A. (2015) *Viznachennya aktivnosti` fermenti`v v bi`ologichnikh seredovishhakh. Odiniczi` aktivnosti` fermenti`v. Enzimopat`yi. Medichna enzimolog`iya* [Determination of enzyme activity in biological media. Units of activity of enzymes. Enzymopathy. Medical enzymology]. Zaporozhye: ZDMU [in Russian].
- Biocera-nano-silver. <https://www.biocera.com> Retrieved

from: <https://www.biocera.com/antimicrobial-biocera-nano-silver-agent>.

8. Silverzanit-Antibacterial ceramics. <https://www.zahna-fliesen.de>. Retrieved from: <https://www.zahna-fliesen.de>.

9. Advanced material. Technical Report. Properties of Antibacterial Additive for Pottery. <https://www.soc.co.jp>. Retrieved from: https://www.soc.co.jp/sumitomo_e/

10. Hasmaliza, M., Foa, H.S., Mohd, K., Hasmaliza, M., & et al. (2016) Anatase as Antibacterial Material in Ceramic Tiles *Procedia Chemistry*, 19, 828-834.

11. Qian Zhang, Lv Si Xu, Xiaoyan Guo. (2017). Improvement of mechanical properties, microscopic structures, and antibacterial activity by Ag/ZnO nanocomposite powder for glaze-decorated ceramic. *Journal of Advanced Ceramics*, 6, 3, 269-278.

12. Savvova, O.V., & Bragina, L.L. (2010). Use of titanium dioxide for the development of antibacterial glass enamel coatings. *Glass and Ceramics*, 5, 6, 184-186.

13. Savvova, O.V. (2014). Effect of Zinc and tin Oxides on the Bactericidal Properties of Glass Enamel Coatings. *Glass and Ceramics*, 71, 7-8, 254-257.

14. *Metodicheskie ukazaniya. Sanitarno-gigienicheskaya ocenka strojmaterialov s dobavleniem promotkhodov.* [Methodical instructions. Sanitary and hygienic assessment of building materials with the addition of industrial waste]. (1998). Moscow: Standart [in Russian].

15. Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) – Test method for antibacterial activity of semiconducting photocatalytic materials ISO 27447:2009. (2009). <https://www.iso.org>. Retrieved from: <https://www.iso.org>.

16. *Plitki keramichni. Tekhnichni umovi* [Ceramic tiles. Technological mind]. (2012). EN 14411:2006, NEQ: DSTU B.2.7-282:2011. Kiev: National Standard of Ukraine [in Ukrainian].

17. *Edinaya sistema zashhity ot korrozii i stareniya. Izdeliya tekhnicheskie. Metody ispytaniy. Materialy polimernye i ikh komponenty. Metody laboratornykh ispytaniy na stojkost k vozdejstviyu plesnevnykh gribov* [Unified system of corrosion and ageing protection. Polymer materials and their components. Methods of laboratory tests for mould resistance]. (1991). ISO 846-78: HOST 9.049-91. Moscow: Standart [in Russian].

18. Standard test method for determining the antimicrobial activity of immobilized antimicrobial agents: ASTM E2149-13a. (2001). <https://www.astm.org>. Retrieved from: <https://www.astm.org/Standards/E2149.htm>.

19. Standard test method for quantification of a Pseudomonas Aeruginosa biofilm grown with shear and continuous flow using a rotating disk reactor: ASTM E 2562-19. (2002). <https://www.astm.org>. Retrieved from: <https://www.astm.org/Standards/E2871.htm>.

20. *Pekhtasheva, E.A. (2002) Biopovrezhdeniya i zashhita neproduvol`stvenny`kh tovarov* [Biodeterioration and protection of non-food products]. Moscow: Masterstvo [in Russian].

Рецензент: д-р техн. наук, зав. каф. М.Ф. Смирний, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків, Україна

Автор: САВВОВА Оксана Вікторівна
доктор технічних наук, доцент, професор кафедри
Харківський національний університет міського
господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – savvova_oksana@ukr.net
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6664-2274>

Автор: ФЕСЕНКО Олексій Ігорович
кандидат технічних наук, асистент
Харківський національний університет міського
господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – fesenco_alex@ukr.net
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3888-9493>

Автор: ВОРОНОВ Геннадій Костянтинович
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри
Харківський національний університет міського
господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – voronov1976@ukr.net
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1927-2714>

Автор: АФАНАСЕНКО Юлія Олексіївна
магістрант
Харківський національний університет міського
господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – ulya-sobol@ukr.net
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5983-8439>

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGICAL APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF BACTERICIDAL GLAZES FOR CERAMIC TILES

O. Savvova, G. Voronov, O. Fesenko, Y. Afanasenko

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

The aim of this work is developing a methodological approach to obtaining of bactericidal glazes for ceramic tiles. In this paper were identified the factors that determine the necessity of the development and implementation of bactericidal ceramic materials to protect public places. The most common methods of increasing biological resistance to the materials are described, namely: impregnation or surface treatment of materials with bactericidal liquids, regulation of materials surface properties, or injection of a bactericidal agent. The effect of the nature and particle size of the agent on its bactericidal properties are described.

*The main stages of the development of biocidal glass coatings (glazes), are identified, which include: the choice of a bactericidal agent and a glass matrix, a comprehensive assessment of the structure, physicochemical and service properties of the glaze and analysis of microbiological standards for evaluating the effectiveness of the inhibitory effect of glass coatings. It was established that existing methods for evaluating the bactericidal action should be adapted in accordance with existing sanitary standards for the operation of ceramic tiles. In this regard, to simulate the infection contamination of glass coatings, it is necessary: firstly, to use *Escherichia coli* as a test bioculture and to determine the range of permissible concentrations of colony forming units, and secondly, to use a qualitative diffusion method for migrating compounds and quantitative (aerosol and counting) methods for covalently linked bactericidal agents.*

Taking into account the constantly increasing anthropogenic environmental contamination, the toxic effect of bactericidal agents on living organisms, the biological activity of metals in the human body and their effect on the properties of glazes, it was determined that the oxides Ca, Mg, Zn, Ti, Cu, Cr, Mn, Ni are optimal biocidal agents as well as some of their salts.

A methodological approach was developed that allows the development of prolonged-action bactericidal glazes for ceramic tiles under epidemiological threats.

Keywords: glaze, ceramic materials, bactericidal agents, pathogenic microorganism.