

УДК 666.266.6.01

О. В. САВВОВА, О. І. ФЕСЕНКО**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У СКЛАДІ СКЛОКОМПОЗИЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ НА ПАТОГЕННІ МІКРООРГАНІЗМИ**

Проаналізовано механізм дії іонів важких металів як денатуруючих агентів в аспекті екологічної безпеки навколишнього середовища. Обґрунтовано вибір важких металів, у складі склокомпозиційних покриттів, для біоцидного захисту сталевих панелей в місцях громадського користування від патогенних мікроорганізмів та зменшення навантаження на навколишнє середовище. Підтверджена ефективність використання катіонів цинку, купруму і кальцію та аніонів фосфатів та титанатів при одержанні антимікробних склокомпозиційних покриттів з урахуванням їх токсичності. Встановлено, що використання як біоцидів іонів важких металів в технології емалювання відповідає загальним вимогам екологічної безпеки в умовах захисту від патогенних мікроорганізмів.

Ключові слова: важкі метали, денатуруючі агенти, склокомпозиційні покриття, патогенні мікроорганізми, екологічна безпека.

Проанализирован механизм действия ионов тяжелых металлов как денатурирующих агентов в аспекте экологической безопасности окружающей среды. Обоснован выбор тяжелых металлов, в составе стеклокомпозиционных покрытий, для бицидного защиты стальных панелей в местах общественного пользования от патогенных микроорганизмов и уменьшения нагрузки на окружающую среду. Подтверждена эффективность использования катионов цинка, меди и кальция и анионов фосфатов и титанатов при получении антимикробных стеклокомпозиционных покрытий с учетом их токсичности. Установлено, что использование в качестве бицидов ионов тяжелых металлов в технологии эмалирования отвечает насущным требованиям экологической безопасности в условиях защиты от патогенных микроорганизмов.

Ключевые слова: тяжелые металлы, денатурирующие агенты, стеклокомпозиционные покрытия, патогенные микроорганизмы, экологическая безопасность.

Mechanism of action of heavy metal ions as denaturing agents in the aspect of environmental safety was analyzed. Selection of heavy metals, in the composition of glass composite coatings, for biocidal protection of steel panels in public places from pathogenic microorganisms and reduction of the environmental load was justified. The effectiveness of the use of cations of zinc, copper and calcium and anions of phosphates and titanates in the preparation of antimicrobial compositional coatings, taking into account their toxicity, was confirmed. That the use of heavy metal ions as biocides in enamelling technology meets the essential requirements of environmental safety in conditions of protection from pathogenic microorganisms has been established.

Keywords: heavy metals, denaturing agents, glass composite coatings, pathogenic microorganisms, environmental safety.

Вступ.

На сьогоднішній день одним з глобальних завдань сучасності є рішення проблем екологічної безпеки суспільства. Всесвітня організація охорони здоров'я вказує на необхідність вивчення впливу хімічних речовин на живі організми [1]. Важкі метали складають одну з найбільш небезпечних груп токсикантів, які з побутовими та промисловими відходами надходять до навколишнього середовища та забруднюють його [2]. Вміст цих токсичних елементів у ряді регіонів Земної кулі значно перевищує допустимі концентрації міграції.

Поряд з хімічними забруднюючими речовинами значне навантаження на навколишнє середовище створюють патогенні мікроорганізми, які здебільшого накопичуються в місцях громадського користування – лікарні (операційні та реанімаційні блоки, пологові та інфекційні відділення, медичні та фармацевтичні лабораторії), громадські їдальні (харчоблоки, холодильне устаткування, ємності для зберігання і підігріву води), метро (стіни приміщень та архітектурно-будівельні деталі) та промислових об'єктах (сільськогосподарських, комунальних).

Тому з урахуванням поширення епідемії різної етіології важливим аспектом збереження екологічної безпеки суспільства є забезпечення біоцидного захисту навколишнього середовища. Це може бути реалізовано шляхом створення нових антибактеріальних нетоксичних матеріалів, зокрема з використанням катіонів металів [3].

Слід зазначити, що прояв важкими металами токсичної дії на живі організми визначається їх

концентрацією. Тому, застосування важких металів в якості антимікробних компонентів, можливо тільки в тому випадку, коли їх концентрації, що викликають загибель або затримку росту патогенних мікроорганізмів, знаходяться в межах допустимих кількостей міграції хімічних речовин (ДКМ) даного компонента для живих організмів [4]. Встановлення можливості використання важких металів як біоцидних агентів з урахуванням їх токсичної дії на мікроорганізми і визначає актуальність даної роботи.

Мета роботи.

Метою даної роботи є дослідження впливу важких металів на патогенні мікроорганізми. Для досягнення означеної мети були поставлені наступні завдання:

- проаналізувати механізм дії іонів важких металів як денатуруючих агентів;
- обґрунтування вибору важких металів для біоцидного захисту навколишнього середовища від патогенних мікроорганізмів;
- визначення біоцидних властивостей матеріалів, які вміщують важкі метали.

Методика проведення експерименту.

За результатами проведеного аналізу методів визначення біоцидних та фунгіцидних властивостей матеріалів та з врахуванням особливостей зав'язків у структурі силікатних матеріалів обрано методологію оцінки біоцидної дії склокомпозиційних покриттів за кількісним методом на основі оцінки дії біоцидів за методом струшування *DuPont* відповідно *ASTM E 21-4*. Бактерицидний (E_b) та фунгіцидний (E_f) ефекти склокомпозиційних покриттів визначають за

формулою 1.

$$E = (K_{\text{культури}} - K_{\text{покриття}}) \cdot 100 / K_{\text{культури}}, \quad (1)$$

де, $K_{\text{культури}}$ – кількість колоній утворюючих одиниць (КУО) культури без дослідних покриттів;

$K_{\text{покриття}}$ – кількість КУО біотесту в присутності дослідних покриттів.

Для моделювання інфекційного зараження склоемалевих покриттів обрано $K_{\text{КУО}} = 10^3 \div 10^7$ кл/мл, що відповідає перевищенню епідеміологічного порогу.

За отриманими даними визначають E_0 та E_f за такими критеріями:

0,0÷0,1 % – значний ріст мікроорганізмів, відсутність бактерицидного ефекту;

0,1÷1 % – незначне зниження кількості колоній мікроорганізмів, бактериостатичний ефект;

1÷10 % – задовільне зниження кількості колоній мікроорганізмів, значний бактериостатичний ефект;

10÷30 % – значне зниження кількості колоній мікроорганізмів, біоцидний ефект;

30 % і більше – сильне зниження кількості колоній мікроорганізмів, відмінний біоцидний ефект.

Інокулят готували за стандартними методиками з культур бактерій *E. Coli*, *P. Auroginosa* і грибів *C. Albicans*, *A. Niger* на живильному середовищі. Час експозиції складав 1 та 14 діб при температурі 37 ± 1 °C.

Результати експерименту та їх обговорення.

Механізм дії іонів важких металів як денатурируючих агентів заснований на:

- їх взаємодії з біологічно важливими речовинами клітин мікроорганізму (клітинними метаболітами);

- зниженні активності ферментів;

- порушенні структури і функціонуванні біомембран і клітинних стінок.

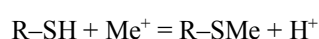
Розглянемо детально різні механізми біоцидної дії іонів металів.

1) Пригнічення активності ферментів за рахунок блокування SH—груп.

Однією з причин зміни макромолекулярної структури білків при блокуванні SH-груп може бути розрив внутрішньомолекулярних зв'язків, в утворенні яких беруть участь SH-групи, внаслідок чого порушується упаковка неполярних бічних ланцюгів, амінокислотних залишків всередині молекули протеїну [5].

Для розуміння механізмів дії іонів важких металів як тіолових отрут необхідно розглянути хімічні властивості сульфгідрильної (–SH) групи цистеїну, дисульфідної (–S–S–) групи цистину і тіоетерної (–S–CH₃) групи метіоніну, а також дані про роль сірковмісних груп у ферментах біологічно активних білках. Участь цих груп у ферментативному каталізі і зв'язуванні субстратів і кофакторів (іонів металів і коферментів) нерідко визначає спектр змін в організмі при надходженні тіолових реагентів.

При реакції SH-груп з іонами важких металів утворюються нерозчинні меркаптіди (Me):



На відміну від реакцій алкілування реакції меркаптідування носять зворотній характер, але рівновага зміщена в бік утворення слабодисоційованих меркаптідів. Іони металів легко реагують як з RS-іонами, так і з недисоційованими SH-групами. Одновалентні катіони аргентуму, купруму, ауруму і двовалентні катіони гідраргіруму, плюмбуму, кадмію та цинку, а також сполуки тривалентного арсену і стибію характеризуються особливо високою спорідненістю до SH-груп. Спорідненість іонів двовалентних металів до SH-груп зменшується у ряді: $Hg^{2+} > Pb^{2+} > Cd^{2+} > Zn^{2+}$.

Однак, якщо іони гідраргіруму блокують сульфгідрильні групи протеїнів, цистеїну, унітіолу, гемоглобіну і небілкових гемолізатів еритроцитів, то, наприклад, блокування тіолових груп унітіолу іонами кадмію, стануму та плюмбуму не відзначається. У той же час іони кадмію і плюмбуму блокують SH-групи цистеїну на 27 і 50 % відповідно.

Вплив тіолових реагентів на фізіологічні функції протеїнів обумовлено не тільки блокуванням SH-груп ферментів та інших протеїнів, а також зв'язуванням низькомолекулярних, функціональних важливих тіолів R–SH, які виконують роль кофакторів або простатичних груп в різних ферментних системах.

Іони ауруму та гідраргіруму також прискорюють гідролітичне розщеплення S–S-зв'язків в лужному середовищі. Початкова швидкість реакції гідролізу пропорційна концентрації іонів аргентуму, тобто роль іонів металу не зводиться лише до зміщення рівноваги в гідролітичному розщепленні зв'язку, а й проявляється в дії іон металу, які приєднується до зв'язку з утворенням комплексу, який в подальшому гідролізується під впливом нуклеофільної атаки гідроксильних іонів. Дисульфідні групи стабілізують макромолекулярну структуру протеїнів. Зв'язки S–S в нативних білках не реагують з важкими металами при кімнатній температурі і $pH = 4,0 \div 8,0$.

2) Порушення проникності клітинних мембран.

Не менш важливим елементом токсичної дії тіолових отрут є порушення ними проникності клітинних мембран, що, зокрема, чітко простежується на прикладі мембрани еритроцитів. Приховані пошкодження мембрани еритроцитів при дії важких металів, крім зниження осмотичної резистентності еритроцитів, виявляються в зміні кислотної, лужної і сапонінової резистентності еритроцитів. Найбільш інтенсивною гемолітичною дією характеризуються іони аргентуму, а найбільш слабкою – іони кадмію і плюмбуму [5].

3) Руйнування стінок кліток мікроорганізмів за рахунок створення електричного поля.

Дія на мікроорганізми електричного поля негативно позначається на їх метаболізмі. Відомо, що мікроорганізми характеризуються негативним зарядом, в той час як металічні іони мають позитивний заряд. Під час їх взаємодії між ними виникає електростатична сила. Коли заряди, які створюють електричну область, посилюються,

створюються умови для руйнування стінок клітин мікроорганізмів і їх денатурації.

Так, посилення бактерицидного ефекту спостерігається при обробці води електролітичним методом. Широко відоме використання електроноактивованих розчинів, наприклад, аноліту, з високими бактерицидними властивостями.

4) З'єднання іонів металів з ДНК клітин шляхом каталітичного окиснення

Металічні іони діють як і каталізатори в хімічних реакціях так і самостійно не втрачають ефекту. Після загибелі бактерій іони металів повторюють вищезазначений антибактеріальний цикл. Тому, наприклад, скло, вкрите плівкою оксиду титану у формі анатазу, характеризується постійним антибактеріальним ефектом.

Відомо, що вільні радикали реагують фактично з будь-якими біомолекулами, дія їх направлена і на ДНК молекули. Наприклад, H_2O_2 – потенційний бактерицидний агент, може реагувати з Fe^{2+} і утворювати гідроксильний радикал ($OH\cdot$), який окиснює і пошкоджує ДНК молекули [6].

Бактерицидна дія іонів важких металів у випадку каталітичного окиснення пояснюється наступним механізмом: каталітичне окиснення \rightarrow реакція із клітинною мембраною \rightarrow з'єднання із ДНК клітин.

5) Утворення альбумінатів на поверхні клітини.

Сполуки важких металів проявляють як антимікробну, так і характерну місцеву дію на тканини організму (в'язучу, подразнюючу, припікаючу). Іони важких металів денатурують протеїни клітин і тканин, утворюючи альбумінати. Важливу роль у протимікробному ефекті препаратів відіграє щільність утвореного альбумінату. Якщо альбумінат рихлий, іон металу може вільно проникати вглиб клітини, коагулюючи протеїни цитозоля. У порядку зниження щільності альбумінатів важкі метали розташовуються в наступній послідовності: $Pb > Al > Bi > Fe > Zn > Cu > Ag > Hg$.

Препарати солей металів, розташованих на початку ряду (ацетат свинцю, ацетат алюмінію; нітрат вісмуту основний та ін.) надають переважно в'язучу і слабку протимікробну дію, а в кінці ряду (аргентуму нітрат, гідраргірину дихлорид) – припікаючу і виражену антисептичну. Фармакологічний ефект залежить від того, наскільки сильно виражена денатурація протеїнів, яка, в свою чергу, визначається концентрацією іона і ступенем дисоціації солі: незначна концентрація викликає геліфікацію (ущільнення) протеїнів на поверхні клітини, тобто має в'язучу дію, а значна – подразнюючу і глибоку припікаючу дію аж до некрозу.

З урахуванням постійно зростаючого антропогенного забруднення навколишнього середовища важкими металами їх використання як біоцидних агентів потребує оцінки їх токсичності з врахуванням їх впливу на живі організми.

На думку Walter Seifritz [7], токсичність важких металів пов'язана з геометро-енергетичними характеристиками їх іонів, зокрема

електронегативністю та іонним радіусом, які можуть впливати на біологічну активність металів, наприклад, при утворенні ними комплексів у біологічних середовищах. Виходячи з цього, можна припустити, що із збільшенням атомної ваги має зростати токсичність металів, що відповідає зростанню їх електронегативності в межах кожного періоду. Втім автор [8] вказує на неможливість адекватної оцінки токсичності металів на основі лише геометро-енергетичних характеристики іонів.

З використанням накопичених експериментальних даних, щодо токсичності металів, здійснена порівняльна оцінка токсичності металів для організмів теплокровних тварин, а також встановлено зв'язок між отруйністю та фізико-хімічними властивостями металів та їх сполук. За ступенем токсичності ($DL50$ – середня доза речовини, яка викликає загибель половини членів дослідної групи) при введених хлористих солей метали були розділені на три групи зі зниженням рівня токсичності у кожній наступній:

- 1) Hg, In, Tl, Au, As, Cd, V, Ba;
- 2) Mn, Co, Cu, Zn, Sn, Fe, Mo, W, Cs, Sr, U;
- 3) Ca, Li, K, Sm, Ce, Na, Mg.

При цьому стабільність комплексів металів зменшується в наступному ряду: $Fe > Ga > Cu > Ni > Pb > Y > Cd > Co > Mn > Ca$. Електронегативність також пов'язана зі стабільністю комплексів, яка є мірою реакції іонів металів з елементами клітинної мембрани.

При аналізі впливу геометро-енергетичних характеристик металів слід враховувати, що метали із змінною валентністю, піддаються в організмі відновленню та окисненню (наприклад, п'ятивалентний арсен відновлюється до більш токсичного тривалентного). В табл. 1 наведена характеристика молярної токсичності металів за даними [9]. Як видно з цих даних, найбільшою токсичністю для різних видів організмів при мінімальній молярній величині характеризується гідраргірум та аргентум.

Таблиця 1. – Характеристика молярної токсичності металів

Організми	Ряди токсичності
водорості	$Hg > Cu > Cd > Fe > Cr > Zn > Co > Mn$
гриби	$Ag > Hg > Cu > Cd > Cr > Ni > Pb > Co > Zn > Fe$
квітучі рослини	$Hg > Pb > Cu > Cd > Cr > Ni > Zn$
кільчасті черви	$Hg > Cu > Zn > Pb > Cd$
риби	$Ag > Hg > Cu > Pb > Cd > Al > Zn > Ni > Cr > Co > Mn > Sr$
ссавці	$Ag, Hg, Cd > Cu, Pb, Co, Sn, Be > Mn, Zn, Ni, Fe, Cr > Sr > Cs, Al$

В основу створення нових біоцидних матеріалів покладена ідея поєднання поліфункціональних склокошпозитивних покриттів з біоцидною дією катіонів металів з постійною і змінною валентністю.

Втім, як відомо, при експлуатації емальованих сталевих виробів вилуговування іонів важких металів та металів змінної валентності є небезпечними для людського організму, тому необхідно враховувати їх

шкідливість, характер дії, токсичну концентрацію та клас небезпеки (табл. 2).

Таблиця 2. – Допустимі концентрації міграції компонентів при вилюговуванні в водних розчинах

ДКМ, мг/л для іонів	Нормативна база			
	СанПин 42-123-4240	ГН 2.3.3.972	ГОСТ 24788-2001	ДСТУ 3276
Ba ²⁺	–	0,10	–	–
Be ²⁺	–	0,0002	–	–
Fe	0,30	0,30 ÷ 1,00	–	–
Cd*	–	0,001	–	–
Co ²⁺	0,10	–	0,1(1)	0,10
Mn*	0,10	0,10 ÷ 0,50	–	–
Cu*	–	1,00	0,10 ÷ 0,50	**
Mo*	–	0,25	–	–
As*	0,05	0,05	0,05	**
Ni*	0,10	0,10	0,10	0,10
Hg*	–	0,0005	–	–
Pb*	0,03	0,03	0,03	**
Se*	–	0,01	–	–
Sr ²⁺	–	7,00	–	–
Ti ⁴⁺	–	0,10	–	–
Cr*	0,10	–	0,10	0,10
Zn ²⁺	1,00	5,00	1,00	**

* – сумарний вміст іонів різної валентності; ** – не виявляється.

З врахуванням наведених даних як біоцидні агенти обрані катіони: II-A групи – Ca²⁺, Mg²⁺, Sr²⁺; IV-A групи – Sn⁴⁺; V-A групи – Sb⁵⁺; I-B групи – Cu²⁺, Ag⁺; II-B групи – Zn²⁺; IV-B групи – Ti⁴⁺; VI-B групи – Cr³⁺; VII-B групи – Mn²⁺; VIII-B групи – Co²⁺, Ni²⁺.

За основу була обрана титанвмісна фрита ЄСП-117 до складу якої вводили обрані біоцидні агенти у вигляді нанопорошків оксидів, титанатів, фосфатів, хлоридів, сульфатів металів та комплексних пігментів в кількості 0,1 ÷ 4 мас.%. Склокомпозиційні покриття отримували за шлікерною технологією на сталевих підкладках та визначали бактерицидну та фунгіцидну дію за вищенаведеною методикою.

Експериментально встановлено, що розробка склопокриттів по сталям з антимікробним ефектом пролонгованої дії забезпечується за рахунок наявності у їх складі активних біоцидних агентів, ефективність інгібуючої дії яких визначається ефектом потенціювання при одночасному введенні катіонів цинку, купруму та кальцію та аніонів фосфатів та титанатів. Встановлено, що використання біоактивних фосфатів як посилюючих компонентів

біостатичної та біоцидної дії іонів важких металів засновано на їх секвестуючій здатності.

За рахунок введення до складу склопокриттів 4 мас. % мікропорошку Zn₂TiO₄, одержаного методом спікання, досягається відмінна фунгіцидна активність, яка проявляється у зниженні приросту культур грибів *A.Niger* та *C.Albicans*, відносно росту культури більше ніж у 10 разів за час експозиції 14 діб при активному рості колоній з показником колоніє утворюючих одиниць (КУО) культури *E.Coli* 10⁷ кл/мл. Особливості зміни динаміки біоцидності склопокриттів з вмістом Zn₂TiO₄, Zn₃(PO₄)₂, Cu₃(PO₄)₂ в умовах дії мікроорганізмів полягають у зниженні приросту показнику КУО патогенних мікроорганізмів зі збільшенням їх концентрації та часу експозиції на 90 % і визначається як відмінний бактерицидний ефект.

Ефективність застосування біологічно активних фосфатів кальцію як адсорбуючих агентів бактерицидних іонів цинку, використання яких забезпечує інтенсивний катіонний обмін, та, як наслідок, більш рівномірне розподілення катіонів у структурі склокомпозиційних покриттів підтверджена мікробіологічними дослідженнями.

Визначено, що забезпечення антимікробної дії склопокриттів реалізується при введенні в 4,0 мас. % нанопорошків Ca₃(PO₄)₂, Zn₃(PO₄)₂, Cu₃(PO₄)₂ при співвідношенні 1:3:1, що виявляється у зниженні приросту культури бактерій *E.Coli* на 90 % відносно культури в умовах незначного росту колоній за час експозиції 24 год.

Встановлено, що відмінним антимікробним ефектом пролонгованої інгібуючої дії відносно *E. Coli*, *P. Auroginosa* і грибів *C. Albicans*, *A. Niger* характеризуються склопокриттів забарвлення яких здійснюється пігментами, які містять CdS_xSe_y, ZnCr₂O₄ і CoCr₂O₄ та солей CuCl₂, MnCl₂ та NiSO₄ у кількості 0,1 – 1,0 мас. % на 100 мас. % фрити [10].

Висновки.

Підтверджена ефективність використання металів постійної та змінної валентності при одержанні антимікробних склокомпозиційних покриттів. Забезпечення використання як біоцидів іонів важких металів в технології емалювання у визначених концентраціях відповідає нагальним вимогам екологічної безпеки навколишнього середовища.

Список літератури

1. Саввова О.В. Исследование биоцидных свойств стеклокристаллических покрытий на основе стекол системы R₂O – RO – TiO₂ – P₂O₅ – R₂O₃ – SiO₂ / О.В. Саввова, Л.Л. Брагина // Стекло и керамика. – М.: Ладья, 2012. – №1. – С. 20–25.
2. Мур Дж. В. Тяжелые металлы в природных водах / Дж. В. Мур, С. Рамамурти. – М.: Мир, 1987. – 286 с.
3. Eckhard Vob. Evaluation of bacterial growth on various materials / Vob Eckhard, Störch Christian // Proc of 20th International Enameller Congress, 15-19 may, 2005. – Istanbul, Turkey, 2005. – P. 194–210.
4. ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности: ГОСТ 12.1.007-76 (1999). –

[Действителен от 1977-01-01]. – М.: Изд. стандартов, 1976. – 15 с.

5. Байрамов В.М. Основы химической кинетики и катализа: уч. пособие [для студ ВУЗов] / под ред. ак. РАН В.В. Лунина. – М.: Изд. центр. «Академия», 2003. – С. 150–171.
6. Курбанов А.И. Антиоксидантные ферменты микроорганизмов: патогенетическая значимость и перспективы использования в медицине / А.И. Курбанов // Международный медицинский журнал. – М: МНПИ. – 2008. – № 2. – С. 105–109.
7. Fritsch B. Towards an ecologically sustainable growth society. Physical Foundations, Economic, Transitions, and Political Constraints / Fritsch B., Seifritz W., Schmidciny St. – Heidelberg: Springer-Velag Berlin, 1994. – 197 p.

8. Секреты токсикологии: [пер. с англ.] / Линг Луис Дж., Кларк Ричард Ф., Эриксон Тимоти [и др.]. – М.: Бином; СПб: Диалект, Ульянов: Дом печати, 2006 – 376 с.
9. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов: [пер. с англ.] / Бингам Ф.Т., Коста М., Эйхенбергер Э. [и др.]. – М.: Мир, 1993. – 368 с.
10. Саввова О.В. Влияние катионов переменной валентности на биоцидные свойства стекломалевых покрытий / О.В. Саввова, Л.Л. Брагина // Стекло и керамика. – М.: Ладья, 2013. – №2. – С. 23–28.
- [Deystvitelen ot 1977-01-01]. – М.: Izdat-vo standartov, 1976. – 15 p.
5. Bayramov V.M. Osnovy khimicheskoy kinetiki i kataliza: uch. posobie [dlya stud VUZov] / pod red. ak. RAN V.V. Lunini. – М.: Izd. tsentr. «Akademiya», 2003. – P. 150–171.
6. Kurbanov A.I. Antioksidantnye fermenty mikroorganizmov: patogeneticheskaya znachimost' i perspektivy ispol'zovaniya v meditsine / A.I. Kurbanov // Mezhdunarodnyy meditsinskiy zhurnal. – М.: MNPI. – 2008. – № 2. – P. 105–109.
7. Fritsch B. Towards an ecologically sustainable growth society. Physical Foundations, Economic, Transitions, and Political Constraints / Fritsch B., Seifritz W., Schmidtciny St. – Heidelberg: Springer-Verlag Berlin, 1994. – 197 p.
8. Секреты токсикологии: [пер. с англ.] / Линг Луис Дж., Кларк Ричард Ф., Эриксон Тимоти [и др.]. – М.: Бином; Санкт-Петербург: Диалект, Ульянов: Дом печати, 2006 – 376 с.
9. Nekotorye voprosy toksichnosti ionov metallov: [per. s angl.] / Bingam F.T., Kosta M., ykhenberger E. [et al.]. – М.: Мир, 1993. – 368 p.
10. Savvova O.V. Vliyanie kationov peremennoy valentnosti na biotsidnye svoystva stekloemalevykh pokrytiy / O.V. Savvova, L.L. Bragina // Steklo i keramika. – М.: Lad'ya, 2013. – №2. – P. 23–28.

References (transliterated)

1. Savvova O.V. Issledovanie biotsidnykh svoystv steklokristallicheskiykh pokrytiy na osnove stekol sistema $R_2O - RO - TiO_2 - P_2O_5 - R_2O_3 - SiO_2$ / O.V. Savvova, L.L. Bragina // Steklo i keramika. – М.: Lad'ya, 2012. – №1. – P. 20–25.
2. Mur Dzh. V. Tyazhelye metally v prirodnykh vodakh / Dzh. V. Mur, S. Ramamurti. – М.: Mir, 1987. – 286 p.
3. Eckhard Vob. Evaluation of bacterial growth on various materials / Vob Eckhard, Storch Christian // Proc. of 20th International Enameller Congress, 15-19 may, 2005. – Istanbul, Turkey, 2005. – P. 194–210.
4. SSBT. Vrednye veshchestva. Klassifikatsiya i obshchie trebovaniya bezopasnosti: GOST 12.1.007-76 (1999). –

Поступила (received) 10.05.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Дослідження впливу іонів важких металів у складі склокомпозиційних покриттів на патогенні мікроорганізми / О. В. Саввова, А. І. Фесенко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП», 2017. – № 18(1240). – С. 57–61. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2220-4784.

Исследование влияния ионов тяжелых металлов в составе стеклокомпозиционных покрытий на патогенные микроорганизмы / О. В. Саввова, О. І. Фесенко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП», 2017. – № 18(1240). – С. 57–61. – Библиогр.: 10 назв. – ISSN 2220-4784.

Investigation of the effect of heavy metal ions in the composition of glass-composite coatings on pathogenic microorganisms / O. Savvova, O. Fesenko // Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2017. – № 18(1240). – p. 57–61. Bibliog.: 10 titles. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Саввова Оксана Вікторівна – доктор технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», старший науковий співробітник кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей; тел.: (057) 707-68-78; e-mail: savvova_oksana@ukr.net.

Саввова Оксана Вікторівна – доктор технических наук, доцент, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», старший научный сотрудник кафедры технологии керамики, огнеупоров, стекла и эмалей; тел.: (057) 707-68-78; e-mail: savvova_oksana@ukr.net.

Savvova Oksana – Doctor of Technical Sciences, Associate professor, National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Senior research officer at the Department of the Ceramics, Refractories, Glass and Enamel Technology; tel.: (057) 707-68-78; e-mail: savvova_oksana@ukr.net.

Фесенко Олексій Ігорович – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», аспірант кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей; тел.: (057) 707-68-78; e-mail: fesenco_alex@mail.ru.

Фесенко Алексей Игоревич – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», аспирант кафедры технологии керамики, огнеупоров, стекла и эмалей; тел.: (050) 707-68-78; e-mail: fesenco_alex@mail.ru.

Fesenko Oleksii – National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», postgraduate student the Department of the ceramics, refractories, glass and enamel technology; tel.: (057) 707-68-78; e-mail: fesenco_alex@mail.ru.